

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 621.397: 778.53

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Г.Г. Власюк
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 171 «Електроніка»
(код і назва)

на тему: «Особливості застосування швидкісної відеозйомки
в процесі відеовиробництва»

Виконала: студентка II курсу, групи ДВ-72мп
(шифр групи)

_____ Бірюкова Поліна Олексіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник _____ доцент, к.т.н. Попович П.В.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Факультет електроніки

Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 171 «Електроніка» («Електронні та інформаційні технології кінематографії та аудіовізуальних систем»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Г.Г. Власюк
(підпис) (ініціали, прізвище)

«___» _____ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Бірюковій Поліні Олексіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Особливості застосування швидкісної відеозйомки в процесі відеовиробництва»

керівник роботи Попович Павло Васильович, к.т.н..
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 7 » листопада 2018 р. № 4114 -с

2 Строк подання студентом дисертації 1 грудня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження процес швидкісної відеозйомки, яку застосовують у відеовиробництві

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) вплив параметрів відеосенсора на частоту кадрів у процесі швидкісної відеозйомки

5. Перелік завдань, які потрібно розробити проаналізувати особливості швидкісної відеозйомки та встановити особливості відеосенсорів, які використовують в процесі відеозйомки; проаналізувати програмне забезпечення для сповільнення відеоматеріалів та надати рекомендації

щодо його застосування; дослідити суб'єктивні методи оцінювання якості та запропонувати метод, що найбільше підходить для оцінювання якості сповільненого відео; дослідити особливості швидкісних відеокамер та з'ясувати фактори, які впливають на збільшення частоти кадрів у процесі відеозйомки; встановити частоту кадрів, яка дозволяє максимально сповільнити відео без виникнення спотворень.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу 15 слайдів презентації: формулювання завдання роботи, характеристика видів швидкісної відеозйомки, опис матриць відеокамер, опис роботи програмного забезпечення для роботи зі швидкісним відео, принципи суб'єктивної оцінки сповільненого матеріалу, результати обрахування залежності частоти кадрів від розміру вікна за різних значень регістру деталізації, результати дослідження якості уповільненого відео, висновки.

7. Орієнтовний перелік публікацій: «Особливості застосування високошвидкісної відеозйомки», «Вплив частоти кадрів у процесі швидкісної відеозйомки на візуальне сприйняття зображення».

8. Дата видачі завдання 27 вересня 2017 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Написання першого розділу	24.11.2017	
2	Написання другого розділу	09.02.2018	
3	Написання третього розділу	01.10.2018	
4	Написання четвертого розділу	18.10.2018	
	Написання п'ятого розділу	12.11.2018	
5	Підготовка матеріалів до друку та оформлення пояснювальної записки	01.12.2018	
6	Підготовка та оформлення презентації для доповіді	10.12.2018	

Студент

(підпис)

П.О. Бірюкова

(ініціали, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

П.В. Попович

(ініціали, прізвище)

УДК 621.397: 778.53

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 91 с., 20 рис., 34 табл., 25 джерел, 1 додаток.

ВІДЕО, МАТРИЦЯ, РЕГІСТР ДЕТАЛІЗАЦІЇ, СПОВІЛЬНЕНЕ ВІДЕО, СУБ'ЄКТИВНІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ, ЧАСТОТА КАДРІВ, ШВИДКІСНА ВІДЕОЗЙОМКА.

Актуальність роботи полягає у тому, що зараз все більш активно застосовується швидкісна відеозйомка. В умовах сьогодення це зручний спосіб для вивчення швидкоплинних процесів шляхом досягнення ефекту сповільнення рухів. Швидкісна відеозйомка використовується для зйомки рекламних роликів і спецефектів, а також у різних галузях науки, техніки та у вирішенні науково-дослідницьких завдань: зйомка краш-тестів автомобілів, вибухів, випробування озброєння, аналіз рухів у механіці тощо. Але для отримання якісного швидкісного відео потрібно враховувати умови, за яких проводиться відеозйомка.

Мета і завдання дослідження. *Метою* дисертаційної роботи є дослідження факторів, які впливають на збільшення частоти кадрів у процесі відеозйомки.

Для досягнення мети роботи необхідно виконати такі *завдання*:

- проаналізувати особливості швидкісної відеозйомки та встановити особливості відеосенсорів, які використовують в процесі відеозйомки;
- проаналізувати програмне забезпечення для сповільнення відеоматеріалів та надати рекомендації щодо його застосування;
- дослідити суб'єктивні методи оцінювання якості та запропонувати метод, що найбільше підходить для оцінювання якості сповільненого відео;
- дослідити особливості швидкісних відеокамер та з'ясувати фактори, які впливають на збільшення частоти кадрів у процесі відеозйомки;
- встановити частоту кадрів, яка дозволяє максимально сповільнити відео без виникнення спотворень.

Об'єктом дослідження є процес швидкісної відеозйомки, яку застосовують у відеовиробництві.

Предметом дослідження є вплив параметрів відеосенсора на частоту кадрів у процесі швидкісної відеозйомки.

Методи дослідження. Під час теоретичних досліджень використано основи теорії кіно- та відеозйомки, теоретичних основ електроніки та методи математичної статистики. Для експериментальних досліджень застосовано такі програмні засоби: *Adobe After Effects*, *MSU Perceptual Video Quality Tool*, *Microsoft Office Excel*.

Наукова новизна одержаних результатів.

Запропоновано використовувати в процесі швидкісної відеозйомки спеціальні відеосенсори, що мають реєстр деталізації (GRAN), який дозволяє змінювати час зчитування кадру відносно номінального значення для різних типів швидкоплинних процесів.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Встановлено, що при зменшенні розміру вікна зростає частота кадрів відео, тому для відео зйомки швидкоплинних процесів необхідно максимально зменшувати розмір вікна.

2. Виявлено, що для комфортного переглядання сповільнених у 2 – 4 рази відеоматеріалів необхідно, щоб оригінал був відзнятий з частотою кадрів не менше, ніж 120 кадрів/с.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, що включені до дисертації, оприлюднені на науково-технічній конференції студентів, аспірантів та науковців «Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі» (2018) та на I Всеукраїнській науково-технічній конференції «Сучасні технології кіно та аудіовізуальних систем» (2018).

Публікації. Результати досліджень, наведених в дисертації, оприлюднено в таких виданнях:

1. П.О. Бірюкова. Особливості застосування високошвидкісної відеозйомки / П.В. Попович, П.О. Бірюкова // Матеріали конференції «Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі». – К., 2018, -С. 9.;

2. П.О. Бірюкова. Вплив частоти кадрів у процесі швидкісної відеозйомки на візуальне сприйняття зображення / П.В. Попович, П.О. Бірюкова // Матеріали конференції «Сучасні технології кіно та аудіовізуальних систем». – К., 2018, -С. 12.

SUMMARY

The urgency of the work lies in the fact that in today's conditions, high-speed video shooting is more actively used. Today's minds it is a convenient way to study fast-moving processes by achieving the effect of slowing down movements.

The goal of the thesis is to study the factors that influence the increase of the frame frequency in the process of video recording.

The object of research is the process of high-speed video shooting, which is used in video production.

The subject of the research is the influence of the parameters of the video sensor on the frame rate in the process of high-speed video recording.

It is proposed to use in the process of high-speed video shooting the special video sensors with a granularity register (GRAN), which allows changing the frame reading time relative to the nominal value for different types of fast-moving processes.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	10
ВСТУП.....	11
1 ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ШВИДКІСНОЇ ВІДЕОЗЙОМКИ У ВІДЕОВИРОБНИЦТВІ.....	12
1.1 Види швидкісної відео зйомки та галузі їх застосування	12
1.2 Особливості застосування швидкісних відеокамер та галузі їх застосування.....	14
1.3 Технології швидкісної відеозйомки	16
1.4 Відеокамери для швидкісної відеозйомки.....	19
1.5 Уповільнена відеозйомка. Таймлапс.....	21
1.5.1 Види уповільненої відеозйомки та технології її реалізації	21
1.5.2 Таймлапс	23
1.6 Матриці відеокамер.....	24
1.6.1 CMOS-матриця	25
1.6.2 CCD-матриця	28
2 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОБОТИ ІЗ ШВИДКІСНИМ ВІДЕО ТА ПРИНЦИПИ СУБ'ЄКТИВНОЇ ОЦІНКИ ОТРИМАНОГО ВІДЕОМАТЕРІАЛУ	32
2.1 Програмне забезпечення компанії Adobe Systems.....	32
2.1.1 Adobe Premiere Pro	32
2.1.2 Adobe After Effects	34
2.2 Sony Vegas.....	36
2.3 Windows Movie Maker.....	38
2.4 GoPro Studio	39
2.5 Програмне забезпечення Fastvideo Lab.....	39
2.6 Суб'єктивна оцінка якості сприйняття відеоматеріалу	41
2.6.1 Призначення суб'єктивних методів вимірювання якості	42
2.6.2 Метод шкали погіршення з подвійним подразненням.....	43
2.6.3 Метод неперервної шкали якості з подвійним подразненням	44

2.6.4 Методи категорійного судження	46
2.6.5 Інші методи суб'єктивного вимірювання якості зображень	47
2.6.6 Обробка результатів суб'єктивного вимірювання якості	48
3 ОСОБЛИВОСТІ ШВИДКІСНИХ ВІДЕОКАМЕР	51
3.1 Швидкісні матриці	51
3.2 Архітектура відеосенсора	51
3.3. Частота кадрів і робота з вікном	52
3.4. Обрахування частоти кадрів для різних розмірів вікна	54
3.5 Аналого-цифровий перетворювач	57
3.6 Підсилювачі з програмованим коефіцієнтом передавання	57
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ УПОВІЛЬНЕНОГО ВІДЕО	60
4.1 Дослідженні якості сповільнених відео з різною кількістю кадрів на секунду	60
4.2 Обробка та аналіз отриманих результатів	62
5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ	66
5.1 Опис ідеї проекту	66
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту	68
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	69
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	75
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	77
ВИСНОВКИ	81
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	83
ДОДАТОК А	87

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

CCD	– Charge-Coupled Device, пристрій із зарядовим зв'язком;
CMOS	– Complementary Metal-oxide-semiconductor, комплементарна логіка на транзисторах метал-оксид-напівпровідник;
DRAM	– Dynamic Random Access Memory, динамічна пам'ять з довільним доступом;
DSCQS	– Double Stimulus Continuous Quality Scale, метод неперервної шкали якості з подвійним подразненням;
DSIS	– Double Stimulus Impairment Scale, метод шкали погіршення з подвійним подразненням;
RGB	– Red, Green, Blue, червоний, зелений, блакитний;
SMPTE	– Society of Motion Picture and Television Engineers, товариство інженерів кіно і телебачення;
SPI	– Serial Peripheral Interface, послідовно-паралельний інтерфейс;
АЦП	– аналого-цифровий перетворювач;
ПЗ	– програмне забезпечення;
ПЗЗ	– пристрій із зарядовим зв'язком;
КМОП	– комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник;
ППКП	– підсилювачі з програмованим коефіцієнтом передавання;
ЧКЗ	– час кадрової затримки;
ЧРЗ	– час рядкової затримки;
ШФР	– шум фіксованого розподілу.

ВСТУП

На сьогоднішній день все більш активно застосовується технологія швидкісної зйомки. Без цього виду відеозйомки неможливе дослідження швидкоплинних процесів, тому вона знайшла застосування у науці, кіноіндустрії, телевиробництві тощо. У статті [1] описано основні характеристики швидкісних відеокамер. У статті [2] описано основні пролеми швидкісної відеозйомки та якими шляхами їх можна вирішити. У роботі «Техника расщепления времени: высокоскоростные камеры» [3] наведено розвиток методів відео зйомки та зазначено, що нові можливості швидкісної зйомки пов'язані з розвитком електронних технологій.

Завдяки швидкісним матрицям можливе отримання високої частоти кадрів, що в свою чергу дає змогу максимально сповільнювати відеоматеріал для його подальшого наукового дослідження або застосування у відеовиробництві. У роботі [4] автор показує основні залежності показників швидкісної матриці на прикладі відеосенсору LUPA-300. Це дозволяє встановити залежність роздільної здатності та частоти кадрів, а також показати важливість використання регістру деталізації у матрицях відеокамер.

У роботі [5] надано характеристику суб'єктивним методам оцінювання якості відеоматеріалів. Суб'єктивне порівняння – єдиний вихід, якщо потрібно оцінити реальну якість відео. Існує багато деталей при проведенні порівняння, на які необхідно звертати увагу, але, дотримуючись певних правил застосування суб'єктивних методик оцінювання, тестування може дати надійні та цінні результати.

Таким чином, виникає завдання дослідити особливості швидкісних відеокамер та з'ясувати фактори, які впливають на збільшення частоти кадрів у процесі відеозйомки, а також встановити частоту кадрів, яка дозволяє максимально сповільнити відео без виникнення спотворень, використовуючи один із суб'єктивних методів дослідження.

1 ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ШВИДКІСНОЇ ВІДЕОЗЙОМКИ У ВІДЕОВИРОБНИЦТВІ

1.1 Види швидкісної відео зйомки та галузі їх застосування

Існують такі різновиди швидкісної відеозйомки: прискорена, швидкісна та високошвидкісна зйомки.

Прискорена зйомка – відеозйомка з частотою від 32 до 200 кадрів за секунду. Використовується для отримання ефекту уповільненого руху при проекції фільму зі стандартною частотою кадрів, а також у наукових цілях. Ще одна поширена назва цього різновиду зйомки – рапід (від фр. *rapide* – швидкий).

Прискорена зйомка здійснюється спеціалізованими відеокамерами або кінокамерами традиційної конструкції з переривчастим рухом кіноплівки за допомогою стрибкоподібного механізму (частина механізму протягування стрічки кіноапарата, яка дозволяє переривчасте переміщення кіноплівки на крок кадру). Вона служить, головним чином, для отримання рухомого зображення з уповільненням часу, в тому числі при трюкових зйомках зменшених макетів [6].

Швидкісна зйомка (ультра-рапід) – відеозйомка з частотою від 200 до 10 000 кадрів за секунду. Здійснюється спеціальними відеокамерами або кіноапаратурою при безперервному русі кіноплівки або на нерухомий фотоматеріал з використанням різних оптичних і електронних способів комутації світла. Іноді такий різновид зйомки називається високошвидкісний фотографією, а пристрої - швидкісними Фоторегистратори. У 1948 році Товариство інженерів кіно і телебачення (SMPTE) узаконило визначення швидкісної зйомки, якою вважається будь-який спосіб фіксації рухомого зображення з частотою, що перевищує 128 кадрів в секунду і передбачає створення як мінімум трьох послідовних знімків [7].

Високошвидкісною відеозйомкою називається кіно- або відео зйомка з частотою кадрів від 10^4 до 10^9 кадрів за секунду. Кіноплівка при такому методі зйомки залишається нерухомою в процесі експонування, а рухаються пучки світла, що формують зображення. В деяких системах високошвидкісної відеозйомки використовуються лінзові растри або волоконні оптичні системи. При використанні оптичних технологій для відтворення зображення на екрані необхідна дешифровка та друкування на звичайній кіноплівці за допомогою спеціальних типів кінокопіювальної апаратури, через те, що запис не містить цілісного зображення.

Високошвидкісна відеозйомка використовується для досягнення ефекту уповільнення рухів, зйомки рекламних роликів і масштабних спец ефектів. Також застосовується в різних галузях науки, техніки та у вирішенні науково-дослідницьких завдань: реєстрація та знімання швидкоплинних процесів, зйомка краш-тестів автомобілів, вибухів, випробування озброєння, аналіз рухів у механіці тощо.

Чим більше кадрів за секунду знімає відеокамера, тим більше світла треба використовувати під час зйомок. Тому для отримання якісного відеоматеріалу необхідно використовувати необхідну кількість освітлювального інвентарю. За допомогою спеціальних таблиць можна визначити кількість необхідних приборів та освітлювачів, які необхідно встановити в студії.

Одним з недоліків більшості камер є дуже малий обсяг пам'яті запису неперервного відео до того, як його перемістять на пристрій зберігання. Ще одним мінусом високошвидкісної відеозйомки є висока ціна на професійні камери – вона може сягати десятків тисяч доларів.

Основний ціновий параметр в собівартості камери – це фотосенсор. Теоретично можна і далі збільшувати швидкість відеозйомки – це можливо і без значного збільшення собівартості відеокамери.

В умовах сьогодення більш активно застосовується високошвидкісна відео зйомка. Але використання професійного обладнання для такої зйомки

веде до значних фінансових витрат. Також, при збільшенні швидкості зйомки погіршується якість зображення [8].

З технічної точки зору обмеження в кількості знятих кадрів за секунду пов'язано з характеристиками матриці та фотоелементу: чим більша роздільна здатність, тим менше кадрів можна відзняти. Тому якщо зменшувати висоту кадру, збільшиться частота реєстрації за рахунок скорочення часу зчитування.

Швидкісна відеозйомка використовуються для візуалізації процесів, які в звичайних умовах недоступні для людського ока, так як протікають надто швидко. Швидкісні відеокамери знаходять наступне застосування:

- науково-дослідні завдання: реєстрація і відеозйомка швидкоплинних процесів, швидкісна зйомка випробувань, гідродинаміка;
- оборонна промисловість і випробувальні полігони: випробування озброєнь і засобів захисту, балістика, зйомка вибуху;
- авіація і космос: швидкісна відеозйомка при випробуваннях газотурбінних двигунів, зйомка пусків ракет, аеродинаміка, випробування авіаційних крісел;
- налагодження та діагностика швидкісних виробничих ліній, пошук несправностей: упаковка, виробництво сигарет, пластикових пляшок і т.п.;
- автомобільна промисловість: випробування автомобілів і подушок безпеки;
- спорт і медицина: біомеханіка, аналіз рухів спортсмена;
- ТВ і кіноіндустрія: зйомка спецефектів, реклами, спортивних змагань.

1.2 Особливості застосування швидкісних відеокамер та галузі їх застосування

Швидкісні відеокамери є важливим інструментом для оптимізації виробничих циклів в промисловості. Розуміння швидкоплинних процесів має ключове значення в виробничих і науково-дослідних процесах. Висока частота кадрів може бути використана в якості діагностичного інструменту, який

допомагає інженерам та розробникам аналізувати швидкоплинні процеси. Технологія швидкісної відеозйомки дозволяє відзняти процес із високою частотою кадрів, а після, відтворити відео в уповільненому вигляді. За допомогою отриманого відеоряду дослідник зможе детально проконтролювати, проаналізувати, вивчити та зрозуміти деталі перебігу події, які неможливо зафіксувати простим людським зором, або в процесі звичайної не швидкісної відеозйомки.

Використання швидкісної відеозйомки є найпростішим і найефективнішим способом отримання всієї необхідної інформації про об'єкт зйомки. Завдяки високій частоті кадрів (до декількох сотень тисяч кадрів за секунду) можна переглядати відеозапис як в уповільненому русі, так і вивчати окремі кадри, що дає можливість побачити деталі, які залишаються непоміченими, використовуючи звичайні відеокамери.

Швидкісні камери знаходять застосування у промисловості, наукових дослідженнях, кінематографії, спорті, під час зйомок сучасних рекламних роликів та в інших областях.

За допомогою швидкісних відеокамер можливе вирішення таких завдань:

- відеореєстрація швидкоплинних процесів, що можна використати у наукових експериментах;
- професійна швидкісна камера дозволяє робити відеозапис випробувань озброєнь і засобів захисту, балістику, зйомку вибуху;
- швидкісна відеозйомка випробувань газотурбінних двигунів, зйомка пусків ракет, аеродинамічних процесів, випробування авіаційних крісел;
- налагодження та діагностика швидкісних виробничих ліній, пошук несправностей;
- швидкісна зйомка випробувань автомобілів, подушок безпеки, краш-тестів механізмів;
- уповільнена відеозйомка у галузі біомеханіки, аналіз рухів спортсмена;

— художня уповільнена відеозйомка, найбільш високошвидкісна відеокамера дозволяє досягти максимально реалістичних спецефектів у кіно, під час зйомок реклами, а також для сповільнення рухів у спортивних змаганнях.

1.3 Технології швидкісної відеозйомки

Після появи цифрових фотографії та відеозаписи більшість технологій швидкісної зйомки, заснованих на кінематографічних процесах, застаріли, оскільки електронні пристрої не містять ніяких рухомих частин, що обмежують швидкодію. ПЗЗ-матриці дозволяють реєструвати швидкоплинні процеси з частотою до 1000 кадрів на секунду. Поява КМОП-матриць стала прикладом підривної інновації, дозволивши знімати мільйони кадрів за секунду і повністю замінити кіноплівку. Досягнутий у 2011 році рівень швидкодії в 0,58 трильйона кадрів в секунду дозволяє зафіксувати переміщення світлового фронту імпульсного лазера. Навіть деякі цифрові компактні фотоапарати, наприклад, серії «Casio Exilim», вже оснащуються функцією швидкісної відеозйомки з частотою до 1200 кадрів за секунду при зменшених розмірах кадру. У постановочному кінематографі для прискорених зйомок використовуються спеціальні цифрові кінокамери, серед яких найбільш відомі пристрої «Phantom», здатні знімати до мільйона кадрів в секунду [3].

Однак в окремих галузях до цього часу використовуються швидкісні кіноапарати. Методи швидкісної кінозйомки можуть бути умовно розділені на два головні різновиди: зйомка на рухому кіноплівку і на нерухому з рухом оптичних деталей апарату. Перший спосіб з використанням механізму протягування стрічки застосовується, якщо швидкість руху кіноплівки не перевищує 40 метрів в секунду, оскільки при більш швидкій протяжці плівка рветься або самозаймається. У другому випадку кіноплівка розміщується на нерухомому, або на барабані, що обертається. Рухомий барабан розганяється до

номінальної швидкості (до 350 метрів в секунду) перед зйомкою, дозволяючи апарату працювати в режимі очікування без втрати оптичної ємності.

Існують два основних способи швидкісної відеозйомки:

1. Оптична компенсація – використовується для того, щоб зображення кадру залишалося нерухомим щодо кіноплівки, яка рухається рівномірно. Між нею і знімальним об'єктивом встановлюється обертається призма або багатогранний дзеркальний барабан. Розмір і положення призми вибираються такими, щоб лінійний зсув оптичного зображення відповідав переміщенню плівки за той же час. При цьому незначний взаємний зсув зображення і кіноплівки (тангенціальна помилка) неминучий, і для його зменшення час експонування обмежується додатковим обтюратором. На рис.1.1 показано принцип роботи оптичної компенсації [3].

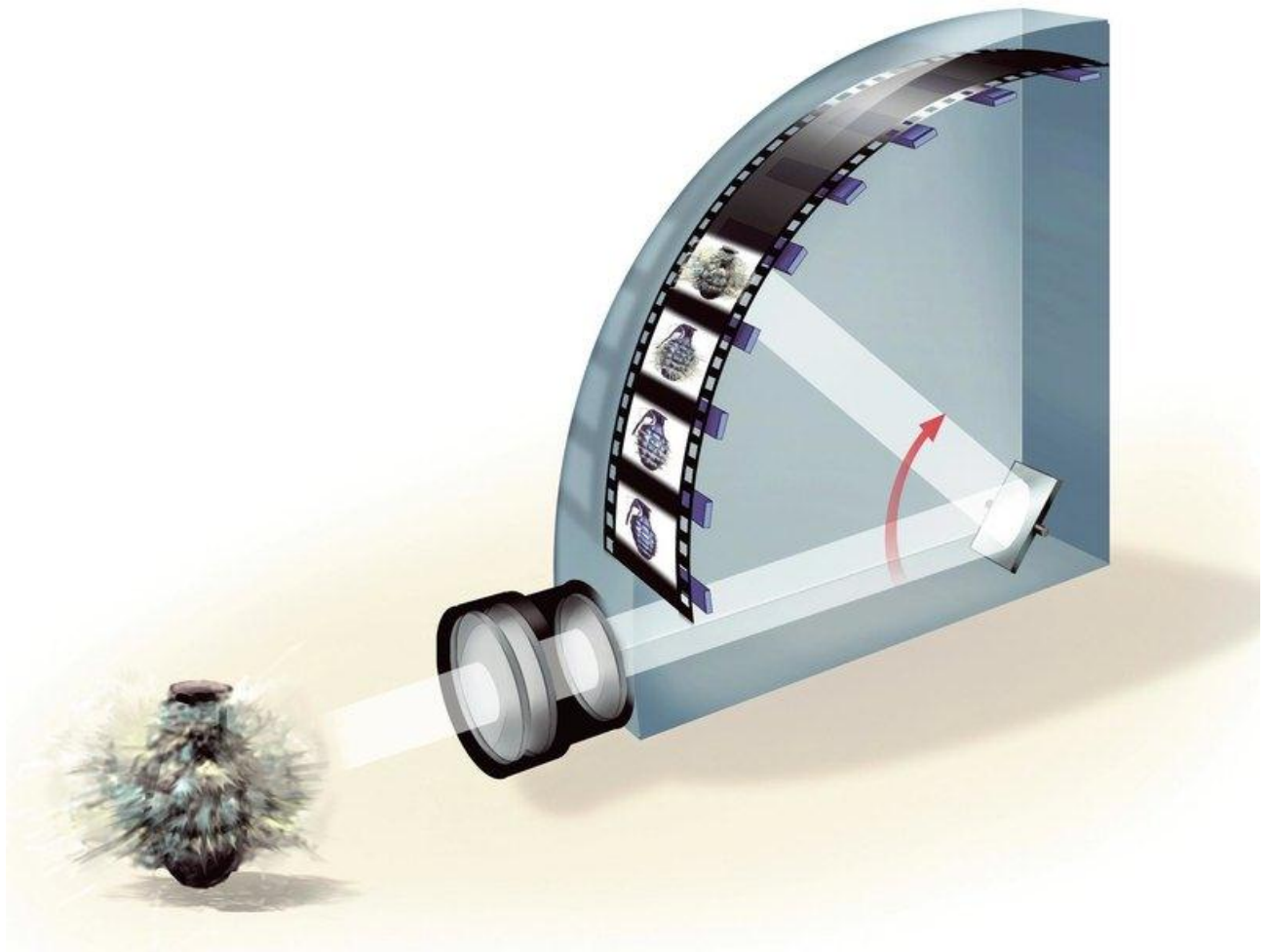


Рисунок 1.1 – Принцип оптичної компенсації

Для підвищення частоти зйомки при незмінній оптичній ємності іноді застосовується розташування кадриків невеликого розміру в кілька рядів із зменшеним кроком. Кожен з рядів може експонуватися через окремий об'єктив, а неминучий при цьому паралакс (зміна видимого положення об'єкту відносно віддаленого фону в залежності від положення спостерігача) вважається допустимим при зйомці віддалених об'єктів. Подібна технологія винайдена задовго до появи кінематографу і використовувалася в ранній хронофотографії.

2. Короткочасне експонування – при використанні цього методу щілинні обтюратори з малим кутом розкриття відсікають короткі витримки для експонування кіноплівки, що безперервно рухається. Вперше такий спосіб реєстрації рухомого зображення використаний в докінематографічній технології кінетографа, розробленого в лабораторії Томаса Едісона [9]. Максимальна частота відеозйомки щілинними камерами обмежена допустимою швидкістю обертання обтюратора і не перевищує 1000 кадрів в секунду. Підвищення цього параметра можливо при розташуванні кадриків невеликого розміру в кілька рядів. На рис. 1.2 показано кінетограф з горизонтальним рухом 19-ти міліметрової кіноплівки та круглим кадром.

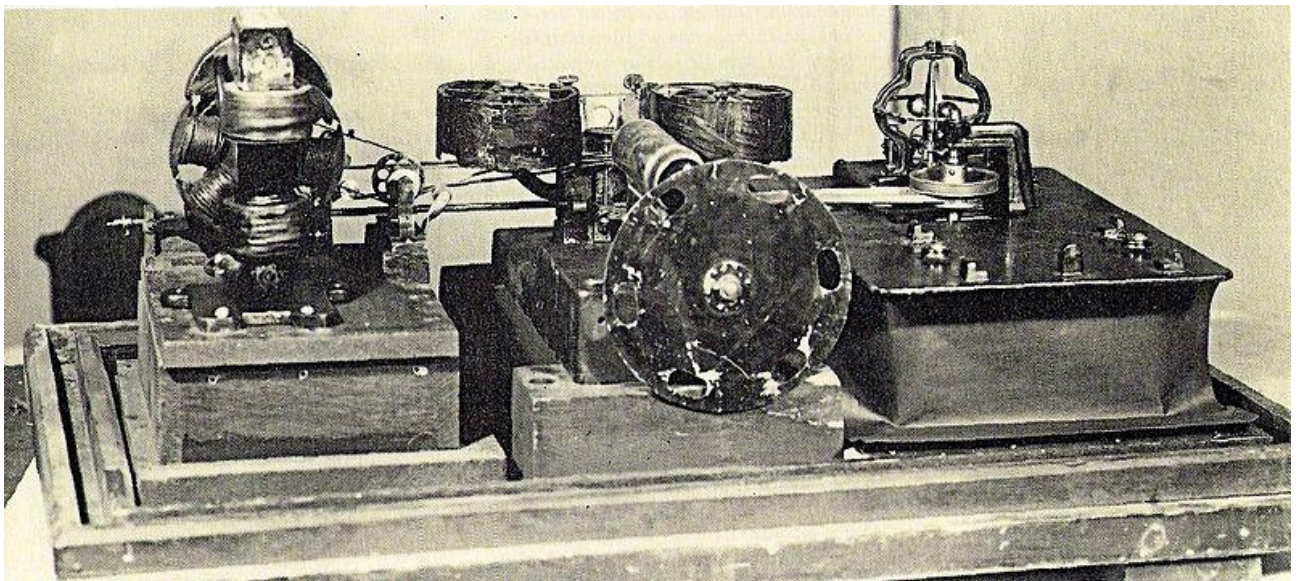


Рисунок 1.2 – Кінетограф

Іншим поширеним способом є використання імпульсних (іскрових) джерел світла з частотою спалахів, відповідно необхідній частоті кадрів. Однак для цього тривалість спалахів повинна бути надзвичайно мала, близько 10^{-7} секунди. У порівнянні з щілинними апаратами іскровий спосіб дозволяє експонувати всю площу кожного кадрика одночасно, не викликаючи спотворення форми об'єктів, що швидко рухаються через тимчасовий паралакс (спотворення форми об'єкта паралаксом, що виникають при зйомці фотоапаратом зі шторним затвором). Однак ця технологія непридатна для зйомки об'єктів, що світяться.

1.4 Відеокамери для швидкісної відеозйомки

Відеокамера для швидкісної зйомки відрізняється високою продуктивністю і дозволяє отримувати деталізоване зображення в будь-яких умовах зйомки.

Відеокамера може записувати зображення на вбудовану пам'ять, зовнішній реєстратор або передавати відео на комп'ютер. На рис. 1.3 наведено швидкісну відеокамеру Fastvideo-4000, що здатна знімати до 4000 кадрів/с при роздільній здатності 640x512 [10].



Рисунок 1.3 – Швидкісна відеокамера Fastvideo-4000

Швидкісна відеозйомка вимагає потужного освітлення. Якщо у камери низька чутливість, доведеться додатково витратити чимало коштів на дорогі прожектори. Чим вище чутливість, тим більш якісну картинку можна отримати. Такий підхід допоможе заощадити на освітлювальних приладах.

У камерах для швидкісної зйомки мінімальний час експозиції визначає чіткість зображення рухомих об'єктів. Наприклад, при зйомці пострілу часто використовують не кратний швидкості, а істотно менший час експозиції, щоб уникнути, як наслідок, розмиття зображення снаряду, що летить. Відеокамера зі швидкісною зйомкою дозволяє реєструвати надшвидкі процеси за наявності наносекундного затвора.

Звичайні фотосенсиори складаються з двох кремнієвих шарів: шару матриці пікселів, перетворюючої світло в електричний сигнал, і шару аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Потім цифровий сигнал передається через інтерфейс MIPI на мобільний процесор для подальшої обробки зображення перед його збереженням в системній пам'яті DRAM. Незважаючи на те, що всі ці процеси виконуються практично миттєво, щоб забезпечити нульову затримку між моментом натиснення кнопки затвора і моментом отримання зображення, швидкісна зйомка динамічних відеосюжетів з подальшим надсповільненим відтворенням при перегляді вимагає більш високої швидкості зчитування відеокадрів з матриці сенсора і запису їх до пам'яті.

ISOCELL Fast 2L3 є тришаровим CMOS фотосенсором з шаром динамічної пам'яті LPDDR4 DRAM, ємністю 2 Гб, розташованим під шаром АЦП матриці пікселів. Завдяки цьому, фотосенсор здатний тимчасово зберігати в шарі пам'яті DRAM більшу кількість кадрів швидкісної відеозйомки, перш ніж відправляти їх безпосередньо на мобільний процесор і в системну DRAM пам'ять пристрою. Це дозволяє сенсору не тільки робити повнокадрові знімки за 1/120 секунди, але і записувати динамічні відеосюжети в швидкісному режимі зі швидкістю до 960 кадрів в секунду (к/с). Швидкість відеозапису 960 к/с в 32 рази перевищує звичайну швидкість відеозйомки (30 к/с).

1.5 Уповільнена відеозйомка. Таймлапс

1.5.1 Види уповільненої відеозйомки та технології її реалізації

Існують наступні види уповільненої відеозйомки, що застосовуються у відео виробництві:

Уповільнена відеозйомка – відеозйомка із частотою, меншою стандартної частоти зйомки і проекції, що становить в кінематографі 24 кадри на секунду. При проекції отриманого зображення з нормальною частотою, рух об'єктів зйомки на екрані виглядає прискореним [11].

Покадрова відеозйомка – різновид уповільненої відеозйомки, за якої значну частину часу механізм відеокамери зупинений, а зйомка здійснюється покадрово з довільними інтервалами між окремими кадриками. Покадрова зйомка застосовується при створенні мультиплікації та деяких спецефектів.

Цейтраферна відеозйомка (від нім. Zeitraffer, Zeit – час, raffen – буквально збирати, підбирати, вихоплювати; переносно – групувати, ущільнювати) – різновид покадрової сповільненої зйомки, коли інтервали між зйомкою кадриків рівні між собою і задаються автоматично за допомогою таймера. Цей інтервал може становити кілька секунд, хвилин, або годин, забезпечуючи багаторазове прискорення видимого на екрані руху. Пристрій, що відміряє цей інтервал, і автоматично запускає механізм відеознімального апарату, називається Цейтрафером [12].

Уповільнена відеозйомка може здійснюватися відеокамерою загального призначення, більшість з яких має регулювання частоти кадрів в межах до 4-8 кадрів на секунду. Основна частина сучасних професійних відеознімальних апаратів мають діапазон регулювання частоти кінозйомки до 1-2 кадрів на секунду. Для покадрової відеозйомки застосовуються спеціальні змінні «покадрові» електроприводи, наприклад «K24м-5». В аматорських кінокамер «Canon» формату «8 Супер» при покадровій зйомці, здійснюваної електроприводом, можливе підключення електронного фотоспалаху для освітлення об'єкту зйомки.

Однак, обладнання загального призначення мало придатне для покадрової зйомки через конструкції механізму, а особливо обтюратора (механічний пристрій для періодичного перекриття світлового потоку, що являє собою обертовий секційований диск, конус, циліндр або рухому зворотно-поступальну шторку). Найкращі результати досягаються при використанні спеціальних відеознімальних апаратів для комбінованих зйомок, оснащених спеціальним приводом і здвоєним обтюратором, що виключає засвічення кіноплівки при зупиненому механізмі. Крім того, для покадрової відеозйомки в цих апаратах використовуються складні багатоступінчасті редуктори, що дають можливість відпрацьовувати витримку з тією ж точністю, що і при безперервному ході кіноплівки.

Крім безпосереднього зниження частоти кінозйомки ефект прискорення руху досяжний у процесі друку відео шляхом пропуску кадрів. За використання оптичної технології спеціальним кінокопіювальним апаратом переривчастої друку проводиться копіювання окремих кадрів з негативу, знятого з нормальною частотою. Для дворазового прискорення копіюється кожен другий кадр, для триразового – кожен третій і так далі. Пропущені кадри в готовому відео не використовуються. Отриманий таким чином ефект, на екрані нічим не відрізняється від того, що досягнуто зйомкою зі зниженою частотою. Цим способом можливе редагування в цифровому відео: частина проміжних кадрів пропускається. У відеозаписі прискорення руху можливе тільки при монтажі готового фільму за допомогою студійних відеомагнітофонів з динамічним трекінгом, оскільки аналогові відеокамери можуть вести зйомку з єдиною частотою, що відповідає використовуваному стандарту розкладання. Можливість покадрової відеозйомки або зйомки зі зниженою частотою з'явилася тільки в цифрових відеокамерах і фотоапаратах.

При цейтраферній відеозйомці використовується існуюче освітлення, і при великому прискоренні часу коливання світла через хмарність викликають на екрані помітні мерехтіння зображення. При аналогічній зйомці в студійних умовах використовується каліброване світло, що виключає мерехтіння. У

деяких випадках користуються світлом спалахів, що дає стабільну освітленість. У студійних умовах найчастіше освітлення автоматично включається тільки в момент зйомки цейтрафером. На покадровій зйомці засновані деякі прийоми комбінованої відеозйомки (наприклад, ротоскопіювання), що дозволяють поєднувати анімацію зі звичайним зображенням.

1.5.2 Таймлапс

У даний час в більшості випадків для цейтраферної зйомки замість відеознімальних апаратів використовується цифровий фотоапарат. Отримані цифрові фотографії, зроблені через рівні інтервали, монтуються у відеоролик за допомогою комп'ютера. Такий спосіб, який згадується найчастіше, як «Таймлапс» (або «Таймлепс»), значно зручніше зйомки кінокамерою, оскільки фотозатвор забезпечує більш високу точність і стабільність витримки, ніж затвор в покадровому режимі. Цифрова технологія має більшу гнучкість, завдяки можливості додаткової цифрової обробки окремих кадрів. Браковані кадри легко видаляються із загальної послідовності або редагуються, виключаючи ривки зображення. Крім того, зйомка фотоапаратом дозволяє значно підвищити якість зображення за рахунок використання автоматичного брекетинга і технології HDRi: замість одного кадрика знімаються відразу три з різною експозицією. В результаті вдається отримати фотографічну широту, недоступну для кіноплівки, компенсуючи контраст сцени і добові перепади освітленості. Отримані цифрові ролики в разі потреби можна використовувати при монтажі звичайних відеороликів за технологією Digital Intermediate з подальшим виведенням на кіноплівку.

Ролики покадрові зйомки з переміщенням або панорамуванням камери, а також зі зміною фокусної відстані зум-об'єктива іноді виділяються в окремий різновид «Таймлапс», що отримала назву «Гіперлапс». Переміщення здійснюються покроковим зрушенням камери, панорамної головки або кільця фокусних відстаней об'єктива в інтервалі між зйомкою сусідніх кадрів.

Зрушення повинно виконуватися з високою точністю, щоб запобігти стрибкам зображення («флікер») на екрані. Для цього можуть використовуватися засоби автоматичного управління рухом камери, такі як роботизовані візки і панорамні головки з кроковими двигунами, іноді виготовляються самостійно з відповідних серійних пристроїв. В аматорській практиці для стабілізації часто користуються найпростішими засобами. Багато відеографи вручну наносять на рідкокристалічний дисплей фотоапарата мітки, що позначають положення ключового об'єкту зйомки. Більш точне узгодження кадрів виконується їх взаємним зміщенням і обрізанням при подальшому склеюванні відеопослідовності.

Більшість додатків для створення подібного відео (наприклад, Adobe After Effects) дозволяють компенсувати невеликі похибки переміщення камери по заданих ключових точках об'єктів зйомки. Панорама та масштабування може бути також імітовані в процесі створення ролика за рахунок обрізки вихідних фотографій, що змінюється по заданому закону. Сучасні камерафони пристосовані для аматорської зйомки такого типу з рук, завдяки мобільним додаткам, заснованим на цифровій стабілізації.

1.6 Матриці відеокамер

Матриця – це основний фотоелемент відеокамери, необхідний для перетворення світла в електрику. Вона являє собою спеціалізовану аналогову інтегральну мікросхему, яка складається з світлочутливих фотодіодів і працює за певною технологією [13].

Зазвичай фотодіоди складаються із кремнію, а технологія роботи матриці залежить від її типу. У камерах відеоспостереження розрізняють два типи матриць – CCD і CMOS. Перша з них часто називають ПЗЗ (від «Пристрій із зарядовим зв'язком»).

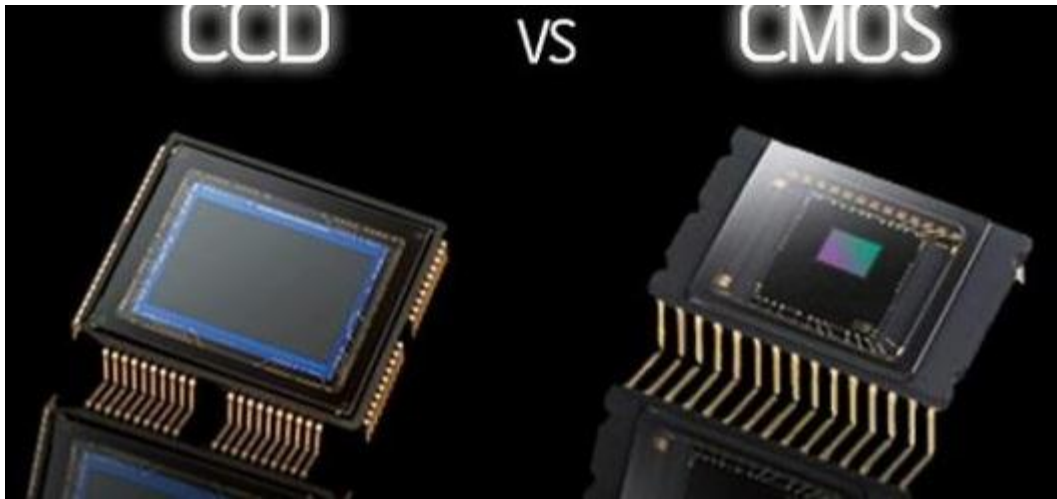


Рисунок 1.4 – CCD і CMOS матриці

CCD (ПЗЗ) матриця цінується вище, ніж матриця CMOS. Правда, висока ціна виправдовується кращою якістю зображення. Але це ще не означає, що у всіх сучасних камерах використовується тільки ПЗЗ матриця. Обидва типи матриць, як ПЗЗ, так і CMOS, все ще активно застосовуються у відеозйомці.

Крім видів матриць їх також розрізняють за розмірами. Матриці для відеокамер бувають різного фізичного розміру: 1/2", 1/3", 1/4", 1/6" і т.д. Чим більше фізичний розмір матриці, тим краще якість картинки. Але і ціна камери зростає разом з розміром матриці. Розмір такого "дюйма" – 16 мм, і називається він "відіконовий дюйм". Втім, ця назва використовується нечасто.

Це те, що варто знати при виборі камери, розглядаючи гіпотетичну ситуацію (з перебільшеними значеннями), 10-мегапіксельна камера з матрицею 1/10 "буде давати велике зображення досить кепського якості. Уявіть, як мало фотоінформації буде отримувати камера, при приблизно 10. 000. 000 пікселів на матрицю з діагоналлю 1.6 мм [14].

1.6.1 CMOS-матриця

CMOS, або КМОП-матриця – світлочутлива матриця, виконана на основі КМОП-технології (набір напівпровідникових технологій побудови інтегральних мікросхем і відповідна схемотехніка мікросхем).

У КМОП-матрицях використовуються польові транзистори з ізольованим затвором з каналами різної провідності.

Головна перевага CMOS-матриць – більш низьке енергоспоживання і можливість довільного зчитування комірок (а це CCD-матриці недоступно, там зчитування відбувається одночасно). Завдяки довільному зчитуванню в CMOS-матрицях немає розмиття зображення.



Рисунок 1.5 – CMOS-матриця

Принцип роботи CMOS-матриці:

- подається сигнал скидання;
- діоди накопичують заряд під час експозиції;
- відбувається зчитування параметрів.

Основні переваги CMOS (КМОП) матриці:

- висока швидкодія (до 500 кадрів/с);
- низький рівень споживання енергії (майже в 100 разів у порівнянні з CCD);

- дешевше і простіше у виробництві, невисока вартість у порівнянні з ПЗЗ-аналогами. При збільшенні розмірів різниця у вартості продовжує зростати;

- можливість покадрового зчитування – аналізу довільних пікселів, що збільшує швидкість запису. Не потрібно зчитувати відразу всю інформацію, як з ПЗЗ-матрицею. Поліпшується якість ручного фокусування;

- використовуються в мініатюрних відеокамерах.

- перспективність технології (на тому ж кристалі в принципі нічого не варто реалізувати всі необхідні додаткові схеми: аналого-цифрові перетворювачі, процесор, пам'ять, отримавши, таким чином, закінчену цифрову камеру на одному кристалі. Створенням такого пристрою, до речі, з 2002 року займаються спільно Samsung Electronics і Mitsubishi Electric) [15].

Ще одна перевага – розташування значної частини електроніки безпосередньо на комірці, завдяки цьому з'являються широкі можливості управління матрицею і зображенням.

Основні недоліки CMOS-технології:

- низький коефіцієнт заповнення пікселів, що знижує чутливість (ефективна поверхня пікселя $\sim 75\%$, решта займають транзистори).

- високий рівень шуму (він обумовлений так званими темповими струмами – навіть за відсутності освітлення через фотодіод тече досить значний струм), боротьба з яким ускладнює і піднімає вартість технології.

- невисокий динамічний діапазон [15].

При всіх наявних перевагах даної технології, недоліків вистачає. Головний – незначний розмір світлочутливого елемента в співвідношенні до загальної площі пікселя. Одна з основних переваг – розташування електроніки на комірці. Але з нього випливає ще один недолік – значна частина площі пікселя зайнята електронікою, що призводить до зменшення площі світлочутливого елемента.

У той же час не можна не відзначити, що CMOS був модифікований кілька років тому, і для відеоспостереження CMOS-матриці дійсно підходять

краще (завдяки точному зображенню, низькому енергоспоживанню і можливості зменшувати бітрейт відео).

1.6.2 CCD-матриця

CCD-матриця (від англ. CCD, «charge-coupled device»), або ПЗЗ-матриця (від «прилад із зарядним зв'язком») – спеціалізована аналогова інтегральна мікросхема, що складається зі світлочутливих фотодіодів, виконана на основі кремнію, що використовує технологію ПЗЗ – приладів із зарядним зв'язком. ПЗЗ-матриці стабільно випускаються та активно використовуються компаніями Nikon, Canon, Sony, Fujitsu, Kodak, Matsushita, Philips та багатьма іншими [13].

ПЗЗ-матриця складається з полікремнію, відокремленого від кремнієвої підкладки, у якій при подачі напруги через полікремневі затвори змінюються електричні потенціали поблизу електродів.

Перед подачею певної комбінації напружень на електроди відбувається скидання всіх зарядів, що утворились раніше, і всі елементи приводяться в ідентичний стан.

Далі комбінація напруг на електродах створює потенційну яму, в якій можуть накопичуватися електрони, що утворилися у певному пікселі матриці в результаті впливу світла при експонуванні. Чим більш інтенсивний світловий потік, тим більше накопичується електронів в потенційній ямі, тим вище, відповідно, підсумковий заряд даного пікселя.

Відеокамери з CCD, або ПЗЗ-матрицями дозволяють отримати високоякісне зображення. Візуально легко помітити меншу кількість шумів на відео, знятому за допомогою відеокамери на основі CCD-матриці в порівнянні з відео, знятим на камеру CMOS. Це найперша і найбільш важлива перевага. Крім того, ефективність CCD-матриць просто приголомшлива: коефіцієнт заповнення наближається до 100%, співвідношення зареєстрованих фотонів дорівнює 95%. Якщо взяти звичайне людське око – тут співвідношення дорівнює приблизно 1%.

Основні переваги CCD матриці:

- низький рівень шумів;
- високий коефіцієнт заповнення пікселів (близько 100%);
- висока ефективність (відношення кількості зареєстрованих фотонів до їх загальної кількості, що потрапляє на світлочутливу область матриці, для CCD – 95%);
- високий динамічний діапазон (чутливість);
- у технології CCD матриця має більший (повний) розмір для зйомки, на відміну від технології CMOS, де світлочутлива лише її частина, тому світла потрапляє більше. Відповідно CCD більш світлочутливі, ніж матриці CMOS [13].

Висока ціна і велике енергоспоживання – це недоліки даних матриць. Справа в тому, що тут процес запису неймовірно важкий. Фіксація зображення здійснюється завдяки багатьом додатковим механізмам, яких немає в CMOS-матрицях, тому технологія CCD істотно дорожча.

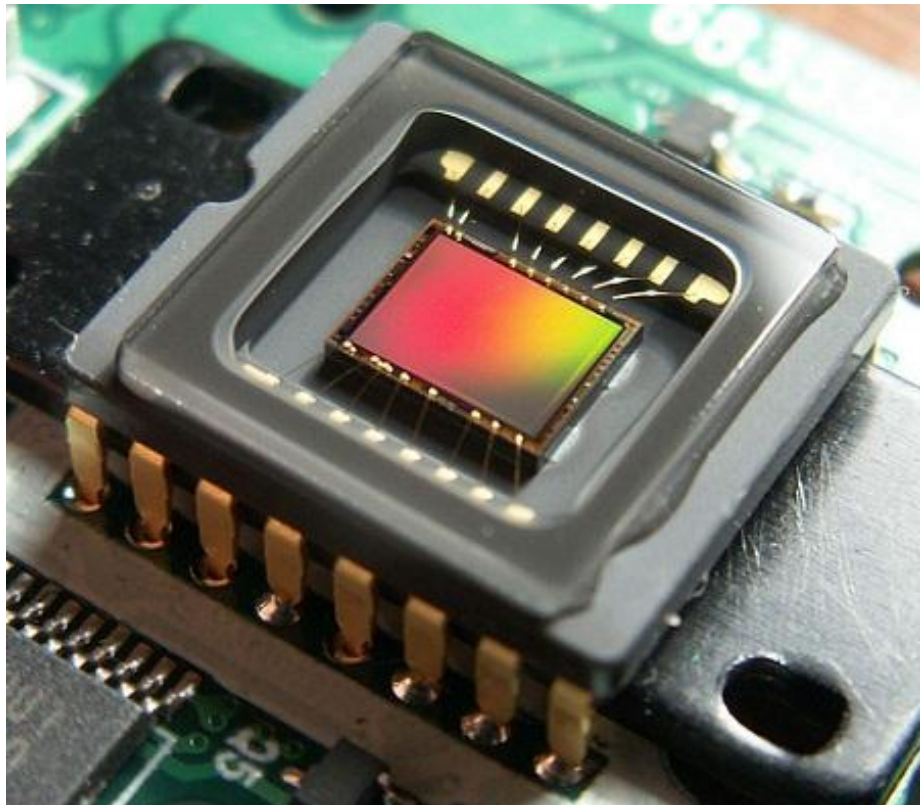


Рисунок 1.6 – CCD-матриця

Основні недоліки CCD-технології:

- підвищене нагрівання пристрою, зростання шумів;
- низька чутливість матриці на старих моделях камер. Зараз ситуація частково виправлена за рахунок нової лінійки обладнання з технологією Exmor зі збільшенням світлочутливості пікселів;
- спотворення зображення, що швидко рухається, ефект «rolling shutter».

CCD-матриці використовуються в пристроях, від яких вимагається отримання якісного кольорового зображення, і якими, можливо, зніматимуть динамічні сцени. Це професійні відеокамери в своїй більшості, хоча і побутові теж. Це також системи спостереження, цифрові фотоапарати і т.д.

CMOS-матриці застосовуються там, де немає особливо високих вимог до якості картини: у датчиках руху, недорогих смартфонах, у камерах відеоспостереження тощо. Втім, так було раніше. Сучасні матриці CMOS мають різні модифікації, що робить їх дуже якісними з точки зору складання конкуренції матрицями CCD.

Зараз складно судити про те, яка технологія краще, адже обидві демонструють прекрасні результати. Тому ставити тип матриці як єдиний критерій вибору, як мінімум, нерозумно. Важливо враховувати багато характеристик.

Висновки до розділу

1. Досліджено такі різновиди швидкісної відеозйомки: прискорену, швидкісну та високошвидкісну зйомки. Швидкісну відеозйомку використовують для досягнення ефекту сповільнення рухів, зйомки масштабних спецефектів і рекламних роликів, а також у різних галузях науки, техніки та у вирішенні науково-дослідницьких завдань.

2. У відеозйомці застосовують 2 види матриць: CCD (ПЗЗ) та CMOS (КМОП). CCD-матриці використовують у пристроях для формування якісного кольорового зображення, а також для зйомок динамічних сцен (у більшості

випадків, це професійні відеокамери), тоді як CMOS-матриці застосовують там, де немає особливо високих вимог до якості картини (у камерах відеоспостереження, датчиках руху, деяких смартфонах та фотоапаратах середнього та початкового рівня).

2 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОБОТИ ІЗ ШВИДКІСНИМ ВІДЕО ТА ПРИНЦИПИ СУБ'ЄКТИВНОЇ ОЦІНКИ ОТРИМАНОГО ВІДЕОМАТЕРІАЛУ

2.1 Програмне забезпечення компанії Adobe Systems

2.1.1 Adobe Premiere Pro

Adobe Premiere Pro – професійна програма нелінійного відеомонтажу компанії Adobe Systems. Є спадкоємцем програми Adobe Premiere (остання вийшла версія якої носила номер 6.5). Перша версія програми (вона ж Adobe Premiere 7) вийшла 21 серпня 2003 року для операційних систем сімейства Windows. Перші дві версії виходили окремими продуктами, третя версія вийшла в складі пакету Adobe Creative Suite 3. Починаючи з п'ятої версії підтримуються тільки 64-бітові операційні системи, тоді як четверта версія передбачала використання також і в 32-бітних. Premiere Pro використовується такими компаніями як Бі-бі-сі, The Tonight Show. У ній проводився монтаж багатьох фільмів, зокрема таких як «Соціальна мережа», «Через пил до перемоги», Дедпул [16].

Adobe Premiere 6.5 стала наймасовішою програмою на ринку професійної роботи з відео. Компанія Adobe довго не випускала оновлення, проте потім з'явився принципово новий продукт – Adobe Premiere Pro.

Adobe Premiere Pro підтримує високоякісне редагування відео з роздільною здатністю 4Kx4K і вище, з 32-бітовим кольором, як в RGB, так і YUV колірному просторі. Редагування аудіосемплів, підтримка VST-аудіоплагінів (plug-in) і звукових доріжок 5.1 surround. Архітектура Premiere Pro плагінів дозволяє імпортувати і експортувати матеріали контейнерів QuickTime або DirectShow, а також дає підтримку величезної кількості відео- та аудіоформатів від MacOS і Windows.

Основні переваги програми Adobe Premiere Pro:

- інтерфейс програми є максимально зручним (відсутні «зайві» кнопки, шкали, ручки та інше) і інтуїтивно зрозумілий;
- функція тримінгу досить продумана, можна виконати якісний тримінг виключно за допомогою миші, або перейти до динамічного тримінгу з використанням клавіатури;
- практично всі операції у програмі можна виконувати за допомогою «гарячих» клавіш. За необхідності, кожен може налаштувати розкладку індивідуально. Також присутня синхронізація налаштувань Adobe Premiere Pro через сервіс Creative Cloud. Таким чином, користувач може використовувати особисті настройки гарячих клавіш і т.п. на будь-якому комп'ютері;
- працювати з аудіо надзвичайно зручно. За допомогою Audio Clip Мішер можна скористатися функцією автоматичного запису ключових точок безпосередньо в мікшері;
- Premiere Pro дуже стабільний у своїй роботі [16].

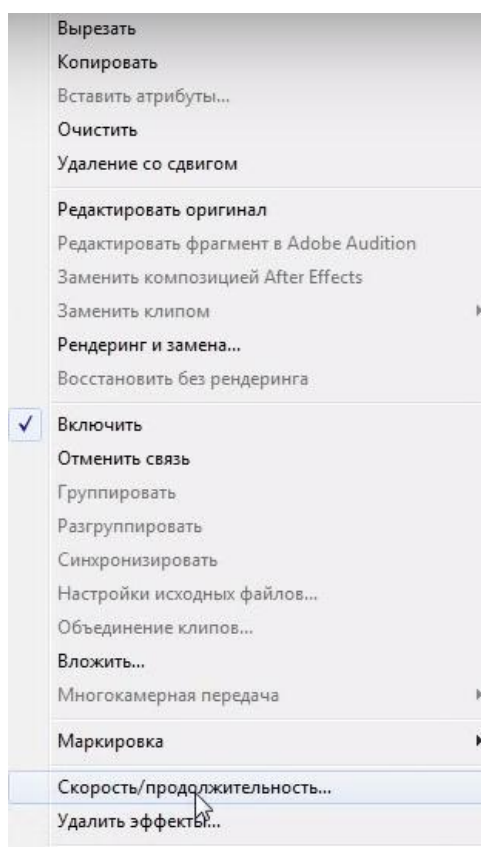


Рисунок 2.1 – Функція сповільнення («Швидкість») в Adobe Premiere Pro

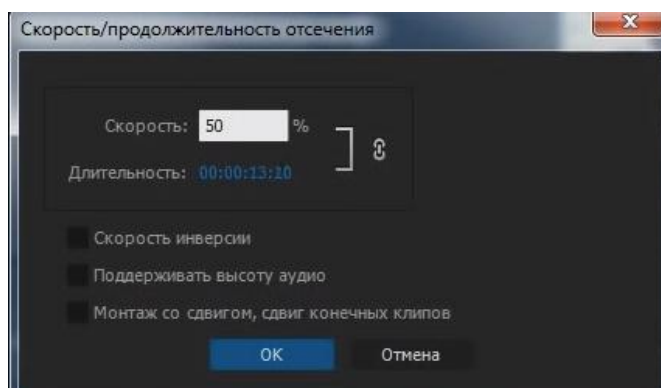


Рисунок 2.2 – Функція сповільнення в Adobe Premiere Pro

На рис. 2.1 – 2.2 показано функцію «Швидкість/тривалість», яка застосовується для роботи з відеоматеріалів. Для сповільнення відео в програмному забезпеченні Adobe Premiere Pro потрібно вибрати функцію «Швидкість/тривалість» та задати необхідний відсоток сповільнення. Відштовхуючись від того, що еталонне не сповільнене відео має показник 100%, для його сповільнення цей відсоток потрібно зменшувати, а для прискорення – збільшити.

2.1.2 Adobe After Effects

Adobe After Effects – програмне забезпечення компанії Adobe Systems, що використовується для редагування відео та динамічних зображень, розробки композицій (композитинг), анімації і створення різноманітних ефектів. Широко застосовується для обробки відзнятого відеоматеріалу (корекція кольору, пост-продакшн), для створення рекламних роликів, музичних кліпів, а також для виробництва анімації (для телебачення і web), титрів для художніх і телевізійних фільмів та для цілого ряду інших завдань, в яких необхідне використання цифрових відеоефектів.

Технічні можливості програмного забезпечення Adobe After Effects:

- ефекти прозорого накладення дають можливість зберегти чіткість деталей при роботі над відеоматеріалами, відзнятими на зеленому або синьому екрані;

- створення колірних тем за допомогою додатка Adobe Kuler;
- функція попереднього перегляду шрифтів;
- композиції After Effects CC у якості шаблонів інтерактивного тексту дозволяють легке редагування тексту в Premiere Pro;
- пересилання файлів з графічної карти забезпечується інтерфейсом HDMI, не потребується додаткове обладнання;
- зручна навігація по мережевим або локальним медіаданим (Adobe Anywhere);
- імпорт масок безпосередньо із Premiere Pro і використання ефектів до окремих областей та інше;
- покращений і зрозумілий користувацький інтерфейс з підтримкою HiDPI;
- оптимізований інтерфейс для сенсорних пристроїв;
- сумісність з програмою Cinema 4D Lite R19, спецефекти CINEWARE 2.0 і підтримка шарів After Effects дозволяють прискорити роботу з 3D-елементами;
- ефекти віртуальної реальності з субтитрами та графікою у відео форматі 360/VR;
- перетворення роликів з формату 360 в 3D-формат Cubemap;
- проектування сфери VR на площину [17].

Для сповільнення відео в Adobe After Effects необхідно використати функцію «Time Stretch». Параметр Stretch Factor для еталонного відео дорівнює 100%. Для сповільнення відеоматеріалу необхідно збільшувати цей відсоток, тоді як для прискорення його потрібно зменшувати. На рис. 2.3 – 2.4 показано вибір необхідних параметрів для уповільнення.

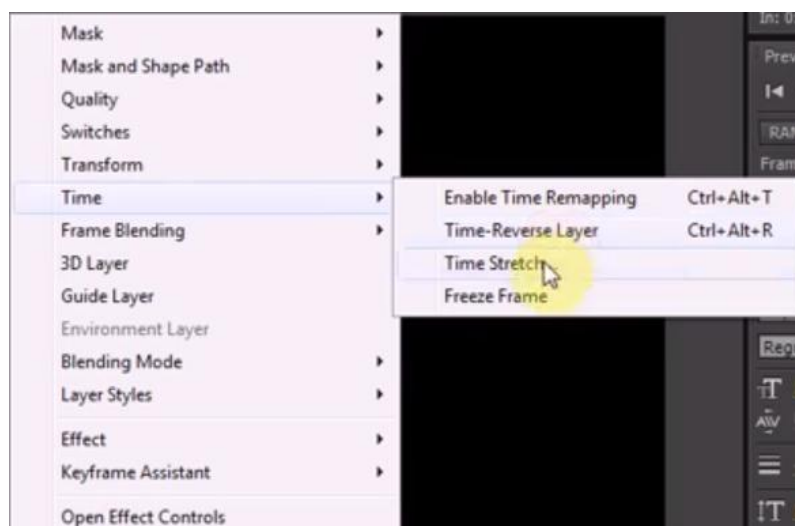


Рисунок 2.3 – Функція сповільнення (Time Stretch) в Adobe After Effects

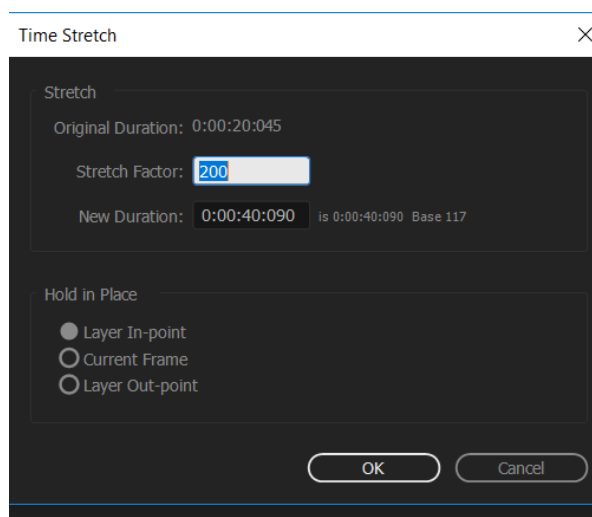


Рисунок 2.4 – Функція сповільнення (Time Stretch) в Adobe After Effects

2.2 Sony Vegas

Sony Vegas – програма для багатодоріжкового запису, редагування і монтажу відео та звуку від компанії MAGIX. Це професійна система відеомонтажу, що включає в себе передові інструменти архівації, всеосяжний аналізатор аудіосигналу і мобільний iPad-додаток Vegas Pro Connect, які разом формують інтуїтивне і ефективне середовище для фахівців у сфері редагування і підготовки відео до мовлення.

Vegas пропонує необмежену кількість відео- та аудіодоріжок, просунуті інструменти для обробки звуку, підтримку багатоканального введення-виведення в режимі повного дуплексу (для виведення сигналу можна задіяти 26 фізичних виходів з незалежною шиною мікшування на кожному), ресемплінг в режимі реального часу, автоматичне створення кросфейдів, синхронізація за допомогою MIDI Time Code і MIDI Clock. Для обробки звуку в режимі реального часу можна встановити в розрив кожної доріжки чотириполосний параметричний еквайзер і компресор, а також використовувати 32 посилення на модулі формату DirectX. Підтримує часткове перекодування DV матеріалу. Внутрішні операції виконуються в кольорному просторі RGB.

Крім того, програма підтримує і такі сучасні функції, як робота з декількома процесорами і двома моніторами.

Універсальність програми в тому, що вона виходить у двох версіях: для 32 і 64-бітових систем. Sony Vegas Pro 13 підтримує всі сучасні стандарти редагування цифрового відео. Також підтримуються файли RED ONE, їх можна безпосередньо відкривати в Sony Vegas Pro і редагувати так само, як будь-які інші. Максимальна роздільна здатність, з якою можна працювати – 4096x4096 пікселів. Для того щоб редагування відеоматеріалу на часовій шкалі відбувалося швидко, Sony Vegas Pro 13 використовує 8-бітну обробку файлу, але при експорті готового проекту програма обробляє відео в режимі 32-біт з плаваючою точкою. Такий режим забезпечує більш точне передавання відтінків і градієнтних переходів [18].

Програма Sony Vegas Pro має мультитрекову робочу область Timeline, на якій відбуваються основні операції з відео і аудіодоріжками. Зручно швидко переходити в режим роботи з одним треком, розгортаючи його по висоті всієї робочої області Timeline. Також можна згорнути будь-який трек у вузьку смужку, щоб заощадити додатковий простір.

Для сповільнення відео в Sony Vegas Pro необхідно в меню Video Envelopes обрати функцію Event Velocity. Після цього в робочій області необхідно перетягнути повзунок на рівень, відповідний необхідному сповільненню. На рис. 2.5 показано меню вибору функції Event Velocity.

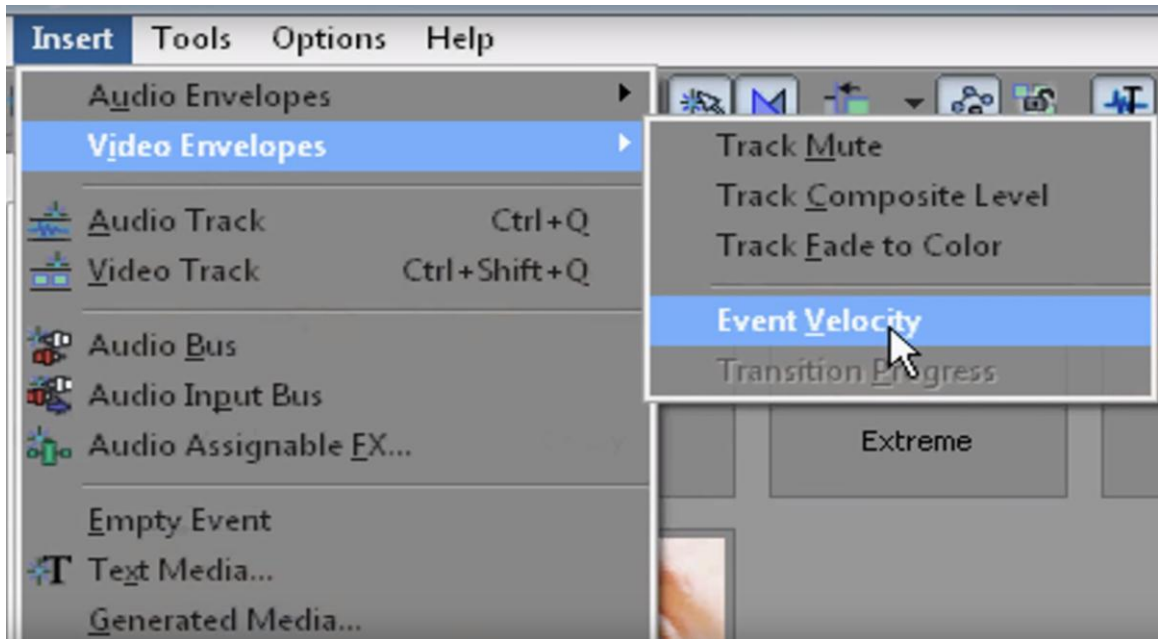


Рисунок 2.5 – Функція сповільнення в Sony Vegas Pro

2.3 Windows Movie Maker

Windows Movie Maker – редактор відео від компанії Microsoft, який довгий час входив у стандартний пакет програм операційної системи Windows, а також прийшла на зміну Кіностудія Windows Live.

До основних можливостей даного програмного забезпечення відносяться:

- переходи між кліпами в геометричному стилі;
- накладення титрів;
- запис закадрового тексту (при підключенні мікрофона);
- примітивна корекція.

Програма Windows Movie Maker простий відеоредактор, який має мінімальні, обмежені можливості: операції з відео, такі як обрізка кадрів, накладання музичної доріжки тощо ПЗ виконує неточно. Тому, якщо потрібно виконувати дії, що вимагають точності результату, необхідно використовувати програму, яка має ширший спектр можливостей [19].

2.4 GoPro Studio

GoPro Studio – фірмовий відеоредактор, призначений для обробки відеоматеріалів, знятих на екшн-камеру.

Основні можливості редагування:

- переходи, титри, заголовки, фільтри, насиченість і контрастність кольору відео;
- кліпи можна уповільнювати або прискорювати, додаючи також розмитість (вийде таймлапс);
- можна прибрати ефект «риб'ячого ока» і вирівняти завалений горизонт;
- за необхідності ролик запускається в зворотну сторону (реверс);
- звук накладається в потрібному місці, регулюється наростання і загасання [19].

2.5 Програмне забезпечення Fastvideo Lab

Швидкісні цифрові камери дуже часто поставляються з програмним забезпеченням, яке призначене для настройки відеокамери або в комплект поставки входить SDK для написання своєї програми. Таким чином налаштувати швидкісну камеру можна, але цього недостатньо для початку роботи.

Програмне забезпечення Fastvideo Lab, відразу дозволяє розпочати роботу. Воно має максимально широкий набір функцій, необхідних при повсякденному відеозйомці. Зазвичай цього буває цілком достатньо, але дуже часто на цьому програмному забезпеченні користувачі отримують досвід роботи з цифровою швидкісний камерою, а спеціалізоване програмне забезпечення пишеться за узгодженим технічним завданням, що відбиває специфіку застосування обладнання в конкретних умовах.

Можливості стандартної версії програмного забезпечення Fastvideo Lab:

- виділення оперативної пам'яті для роботи фрейм-граббера (пристрій, який дозволяє відображати на екрані комп'ютера відеосигнал від відеомагнітофона, камери, лазерного програвача і т.п., з тим, щоб захопити потрібний кадр у пам'ять і згодом зберегти його у вигляді файлу);
- отримання даних від фрейм-грабберів EPIX, National Instruments, Silicon Software, Imperx;
- неперервний запис цифрового відео у кільцевий буфер оперативної пам'яті комп'ютера;
- вивід відеосигналу з цифрової відеокамери на екран монітора з можливістю управління швидкістю виведення кадрів;
- установка частоти кадрів і розміру області сканування, автоматичне підвищення частоти кадрів при зменшенні розміру вікна;
- управління електронним затвором (установка довільного часу експозиції);
- режим вибірки зі зменшеною роздільною здатністю по вертикалі (сканування через рядок);
- регулювання рівня чорного і зміщення;
- регулювання підсилення;
- віднімання шуму фіксованого розподілу (FPN) онлайн;
- режим багаторазового скидання для збільшення динамічного діапазону;
- баланс білого для кольорових відеокамер;

- гама-корекція (корекція яскравості відеопотоку або цифрового зображення);
- збереження всього відеозапису або будь-якої обраної неперервної послідовності кадрів у форматі RAW або в AVI-файл;
- запис і збереження на диск окремих серій або зображень;
- перегляд отриманих даних (окремі кадри);
- безперервний або покадровий перегляд отриманого відеозапису, установка довільної частоти кадрів для перегляду відео;
- програмна синхронізація [20].

2.6 Суб'єктивна оцінка якості сприйняття відеоматеріалу

Відомо, що лише людина може з найбільшою точністю оцінити результуючу якість відеоматеріалу. Тому при формуванні відео і при їх трансляції в ефірі операторами ведеться цілодобовий візуальний контроль якості зображення. Оператор ефіру суб'єктивно оцінює якість телевізійної програми і, якщо помічає його погіршення, повідомляє про проблеми, що виникли, технічним фахівцям. Такий метод оцінки якості називається суб'єктивним.

Іншим суб'єктивним способом оцінки якості відео, який застосовується для перевірки кодеків та іншого телевізійного обладнання, є формування спеціальних експертних груп, що здійснюють суб'єктивну оцінку якості зображення, виставляючи оцінки за п'ятибальною шкалою. За даним методом оцінка «5» виставляється відео, спотворення в якому непомітні, а оцінка «1» – для відео, спотворення в якому виражені дуже серйозно.

Більшість вимірювань суб'єктивної якості відео описані в рекомендаціях ITU-T BT.500 [21].

Але у методів, які засновані на суб'єктивній оцінці якості відео, крім беззаперечних переваг, таких як простота та доступність реалізації, є суттєві недоліки. Через одноманітність, повторюваність, рутинність роботи, оператори

ефіру швидко втомлюються, можуть відволікатись, проявляти неуважність, тому є ймовірність неточності та необ'єктивності оцінки відео.

2.6.1 Призначення суб'єктивних методів вимірювання якості

Значну кількість суб'єктивних методів вимірювання використовують при оцінюванні якості зображення у відеоматеріалах. Але на практиці конкретні методи мають бути використані для вирішення конкретних задач вимірювання якості. Типові задачі вимірювання якості і методи, необхідні для вирішення цих задач відповідно до рекомендації ITU-R BT.500-11 [21], наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Вибір суб'єктивних методів вимірювання якості

Задача вимірювання якості	Використовуваний метод
Вимірювання якості систем відносно еталонної	Метод неперервної шкали якості з подвійним подразненням DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale)
Вимірювання завадостійкості систем (тобто характеристик відмови)	Метод шкали погіршення з подвійним подразненням DSIS (Double Stimulus Impairment Scale)
Кількісне визначення якості систем та порівняння якості різних систем, коли відсутня еталонна система	Методи категорійного судження (Adjectival Categorical Judgement)
Вимірювання якості стереоскопічного кодування зображення	Метод неперервної шкали якості з подвійним подразненням DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale)

Продовження таблиці 2.1

Вимірювання схожості між двома погіршеними телевізійними послідовностями	Метод неперервного оцінювання з одночасним подвійним подразненням SDSCE (Simultaneous Double Stimulus For Continuous Evaluation)
Порівняння різних інструментів стійкості до помилок	Метод неперервного оцінювання з одночасним подвійним подразненням SDSCE (Simultaneous Double Stimulus For Continuous Evaluation)

2.6.2 Метод шкали погіршення з подвійним подразненням

Суть методу шкали погіршення з подвійним подразненням DSIS (Double Stimulus Impairment Scale) полягає в тому, що тестові відеопослідовності показують послідовно парами: спочатку демонструється еталонна відеопослідовність (експерт знає про це), потім змінена [10]. Після перегляду пари відеопослідовності в спосіб, показаний на рис. 2.7, *а* та *б*, експерт повинен поставити свою оцінку, використовуючи п'ятибальну шкалу. Експерти оцінюють ступінь деградації зображення, обираючи свої оцінки від «деградація непомітна» і «деградація помітна, але не заважає» до «деградація дратує» (рис. 2.6).

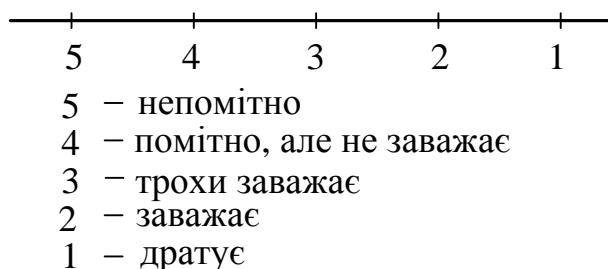


Рисунок 2.6 – Шкала методу DSIS

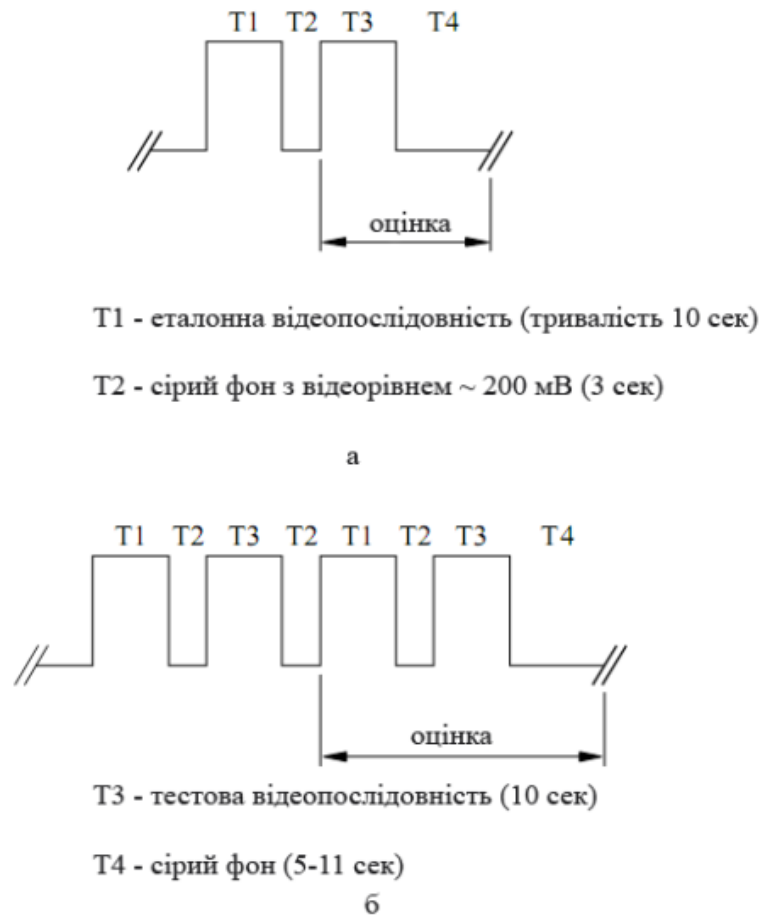


Рисунок 2.7 – Варіанти застосування методу шкали погіршення під час тестової сесії

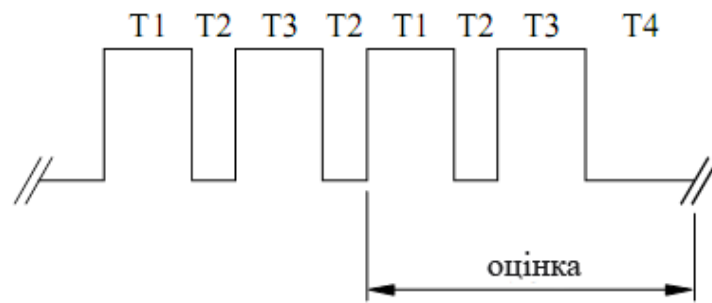
2.6.3 Метод неперервної шкали якості з подвійним подразненням

Існує два варіанти реалізації методу неперервної шкали якості з подвійним подразненням DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale). В першому варіанті відеопослідовності показують парами, але тільки одну з них бачить експерт [10]. Кожну пару показують задану кількість разів. Одна з відеопослідовностей – еталонна, але експерта про це не інформують. Після перегляду експерт повинен оцінити обидві відеопослідовності, використовуючи неперервну шкалу (рис. 2.8) [22].

Тестові послідовності	27	28	29	30	31
Якість:	A B	A B	A B	A B	A B
чудова (5)					
хороша (4)					
задовільна (3)					
погана (2)					
дуже погана (1)					

Рисунок 2.8 – Шкала методу DSCQS

В другому варіанті (який використовується частіше) відеопослідовності також показують парами, але видно одночасно обидві послідовності. Кожну пару показується задану кількість разів. Як в першому варіанті, одна з пари відеопослідовностей – еталонна, але експерта про це не інформують. Шкала оцінки аналогічна представленій на рис. 2.8. Послідовність застосування методу під час тестової сесії показана на рис. 2.9.



T1 - відеопослідовність А (трив. 10 сек)

T2 - сірий фон з відеорівнем ~200 мВ (3 сек)

T3 - відеопослідовність В (10 сек)

T4 - сірий фон (5-11 сек)

Рисунок 2.9 – Послідовність застосування методу DSCQS під час тестової сесії

2.6.4 Методи категорійного судження

Методи категорійного судження (Adjectival Categorical Judgement) можуть бути реалізовані з використанням як одного подразнення (Single Stimulus), так і двох подразнень (Stimulus Comparison), коли відсутня інформація про еталонне зображення чи відеопослідовність [10].

У випадку одного подразнення експерт може призначити відеопослідовності одну з категорій, які відображають судження про так чи інакше визначену характеристику зображення. Тоді шкала оцінки має вигляд, показаний в табл. 2.2.

У випадку двох подразнень при відсутності еталонного зображення відеопослідовності показують парами одночасно, і після перегляду експерт повинен оцінити кожну відеопослідовність (порівняти відеопослідовності в парі), використовуючи порівняльну шкалу на рис. 2.10. Оцінка зі знаком «мінус» означає, що оцінювана послідовність є гіршою від іншої послідовності в парі і навпаки [22].

Таблиця 2.2 – Шкала ITU-R для вимірювання якості та погіршення

5-бальна оцінка	Якість зображення	Погіршення зображення
5	Чудова	Непомітне
4	Хороша	Ледь помітне
3	Задовільна	Трохи заважає
2	Погана	Заважає
1	Дуже погана	Дратує

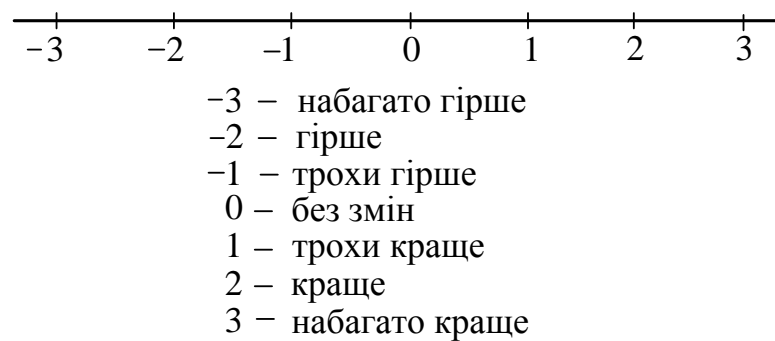


Рисунок 2.10 – Шкала методу категорійного судження з порівнянням стимулів

2.6.5 Інші методи суб'єктивного вимірювання якості зображень

Серед інших методів, рекомендованих та розроблених ITU і EBU, слід відзначити методи, засновані на неперервному оцінюванні з одним або з одночасним подвійним подразненням [10]. Під час тесту експерт може переглядати будь-яку послідовність з тестового набору і давати їй свою оцінку, крім того він може явно переглянути еталонну відеопослідовність (також вона приховано присутня серед інших відеопослідовностей). Після перегляду експерт повинен оцінити відеопослідовності, використовуючи неперервну 100-бальну шкалу (рис. 2.11).

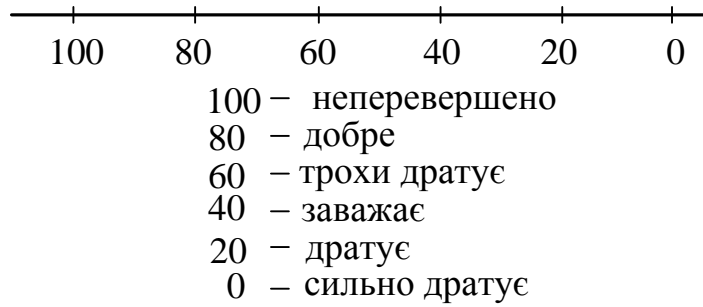


Рисунок 2.11 – 100-бальна шкала

Також існує метод динамічних суб'єктивних експертиз, в основу якого покладено використання рухомих полів порівняння і полів порівняння з рухомим сюжетом. Рухомі поля повинні здійснювати поступальний і обертальний рухи, а також забезпечувати повільну зміну рівня ТВ сигналу. Для перевірки системи передбачення кодера рухомий фрагмент зображення повинен переміщуватись в обидва боки від його центрального положення.

Поле порівняння з рухомим сюжетом можна сформувати з вихідного ТВ сигналу, яке також дозволяє врахувати умови досліджень. В результаті одночасно вдається на одному екрані порівняти частини зображення, що відповідають сигналам на вході і виході пристрою або системи, що перевіряється. Порівняння полів можна довірити або спостерігачеві (експертові), або інструменту (вимірювальному приладові) для оцінки параметрів вхідного і вихідного сигналів [22].

Для перевірки запропонованого методу оцінки, отримані за його допомогою, зіставляються з оцінками, отриманими при суб'єктивних вимірюваннях.

2.6.6 Обробка результатів суб'єктивного вимірювання якості

Перший крок при обробці результатів – це обчислення середньої оцінки [10] для кожної тестової сесії \bar{u}_{jkr} :

$$\bar{u}_{jkr} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_{ijk}, \quad (2.1)$$

де u_{ijkr} – оцінка i -го експерта для j -ої тестової сесії, k -го зображення (відеопослідовності), r -го повторення; N – кількість експертів.

Середні оцінки повинні мати відповідний довірчий інтервал, який можна отримати з стандартного відхилення результатів тестової сесії. Запропоновано використовувати 95% довірчий інтервал

$$\left[\bar{u}_{jkr} - \delta_{jkr}, \bar{u}_{jkr} + \delta_{jkr} \right].$$

де

$$\delta_{jkr} = 1,96 \frac{S_{jkr}}{\sqrt{N}}.$$

Стандартне відхилення результатів тестової сесії визначають за виразом:

$$S_{jkr} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(\bar{u}_{jkr} - u_{ijkr})^2}{N-1}}. \quad (2.2)$$

Це означає, що з ймовірністю 95% абсолютне значення різниці між експериментальною середньою оцінкою і справжньою середньою оцінкою (при достатньо великій кількості спостерігачів) є меншим ніж довірчий інтервал за умови, що розподіл індивідуальних оцінок задовольняє зазначеним вимогам [22].

Подальші кроки з обробки результатів суб'єктивних тестів можуть бути спрямовані на виключення результатів певних спостерігачів, якщо отримане значення оцінки випадає з нормального розподілу оцінок під час тестової сесії. Опис цієї процедури докладно наведено в рекомендації ITU-R BT.500-11 [10].

Висновки до розділу

1. Досліджено програмні засоби для сповільнення відеоматеріалів. Для цього придатні як різноманітні професійні програми для монтажу і відеоефектів (наприклад, Adobe After Effects, Adobe Premiere Pro, Sony Vegas), так і більшість простих відеоредакторів (Windows Movie Maker, GoPro Studio). Найбільш зручним програмним забезпеченням є програми від компанії Adobe,

які дозволяють легко виконати процес сповільнення та забезпечити якісне стиснення відеоданих для подальшої роботи з відео.

2. Для оцінювання якості сповільнених відео застосовують суб'єктивні методи, які дозволяють визначити масштаби спотворень, оцінивши їх за певною обраною шкалою оцінок. До суб'єктивних методів оцінювання відео відносять метод неперервної шкали якості з подвійним подразненням DSCQS, метод шкали погіршення з подвійним подразненням DSIS, методи категорійного судження, методи, засновані на неперервному оцінюванні з одним або з одночасним подвійним подразненням. Разом з такими перевагами, як простота, доступність реалізації, є недоліки методу оцінювання: через одноманітність, повторюваність, рутинність роботи може проявлятися неуважність експерта, тому є ймовірність неточності та необ'єктивності оцінки відео. Для оцінювання якості сповільнених відео підходять методи DSCQS і DSIS, які дозволяють попарно порівнювати відеоматеріали.

3 ОСОБЛИВОСТІ ШВИДКІСНИХ ВІДЕОКАМЕР

3.1 Швидкісні матриці

Дослідимо особливості швидкісних відеокамер, використовуючи відеосенсор LUPA-300, виробництва компанії Cypress Semiconductor Corporation, зроблений на базі CMOS-технології, який має формат 1/2" і дозволяє отримати частоту сканування до 250 кадрів в секунду при роздільній здатності 640x480 (10 біт) [23].

3.2 Архітектура відеосенсора

Компонований план архітектури відеосенсора наведено на рис. 3.1. Ядро отримання зображення складається з масиву пікселів, адресних регістрів по X та Y, драйверів масиву пікселів і підсилювачів по стовпцях. Відеосенсор розміром, 640x480 пікселів, зчитується послідовним скануванням. Архітектура сенсора дозволяє програмувати адресацію у напрямку X кроками по 8 пікселів, а в напрямку Y – кроками в 1 піксель. Стартова адреса завантажується через послідовно-паралельний інтерфейс (SPI) [23].

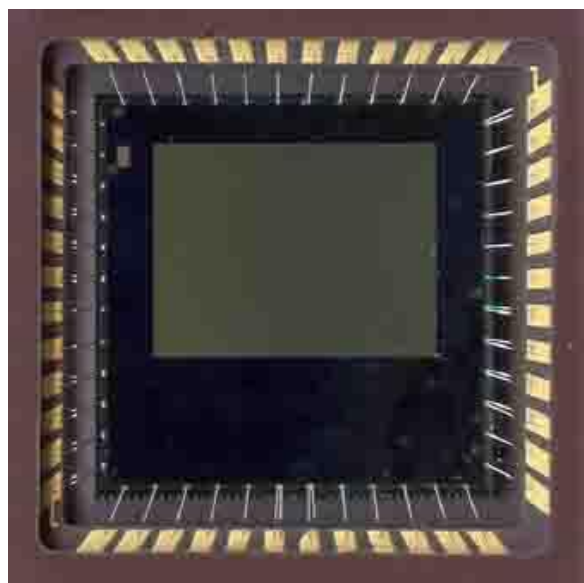


Рисунок 3.1 – Компонований план архітектури відеосенсора

Підсилювачі з програмованим коефіцієнтом передавання (ППКП) підсилюють сигнал від стовпця і додають до нього зміщення, щоб цей сигнал вписався у вхідний діапазон АЦП. Потім чотири АЦП перетворюють сигнал в цифрову форму. Пікселі вибирають ядрами 4х1. Кожен АЦП зчитує сигнал одного з 4 обраних пікселів. Частота вибірки становить 20 МГц. Цифрові виходи 4 АЦП мультиплексують на одну вихідну шину, що працює з частотою 80 МГц.

3.3 Частота кадрів і робота з вікном

Частота кадрів залежить від частоти синхроімпульсів, часу кадрової затримки (ЧКЗ) і часу рядкової затримки (ЧРЗ). Кадровий період обчислюють за формулою:

$$T_{KP} = t_{K3} + N \cdot (t_{P3} + M \cdot T_{CI}), \quad (3.1)$$

де T_{KP} – кадровий період;

t_{K3} – час кадрової затримки;

t_{P3} – час рядкової затримки;

N – кількість рядків;

M – кількість пікселів;

T_{CI} – період синхроімпульсів.

Приклад: зчитування зображення при повній роздільній здатності при номінальній швидкості (частота пікселів 80 МГц = 12,5 нс, GRAN = 10):

$$T_{KP} = 7,8 \text{ мкс} + 480 \cdot (400 \text{ нс} + 12,5 \cdot 640) = 4,039 \text{ мс} \Rightarrow 247,6 \text{ кадрів/сек}$$

Якщо відео сенсор працює у режимі вибірки зі зменшеною роздільною здатністю, то ЧРЗ збільшується на 8 періодів синхроімпульсів. Для розрахунку

максимальної частоти кадрів для довільного розміру вікна, потрібно в цю формулу підставити необхідні значення X та Y області інтересу [23].

Таблиця 3.1 – Параметри для розрахунку частоти кадрів

Параметр	Примітка	Пояснення
ЧКЗ	Час кадрової затримки	1200 періодів синхроімпульсів для GRAN = 11
		624 періодів синхроімпульсів для GRAN = 10
		336 періодів синхроімпульсів для GRAN = 01
		192 періодів синхроімпульсів для GRAN = 00
ЧРЗ	Час рядкової затримки	48 періодів синхроімпульсів для GRAN = 11
		32 періодів синхроімпульсів для GRAN = 10
		24 періодів синхроімпульсів для GRAN = 01
		20 періодів синхроімпульсів для GRAN = 00
Число рядків	Число рядків, зчитуваних в кожному кадрі	
Число пікселів	Число пікселів, зчитуваних в кожному рядку	
Період синхроімпульсів	$1/80 \text{ МГц} = 12,5 \text{ нс}$	

Використовуючи інтерфейс SPI, можна організувати роботу з вікном. Через цей інтерфейс завантажуються початкова точка (координати X і Y) вікна і його розмір. Мінімальний крок в напрямку X становить 8 пікселів (тільки числа, що діляться на 8 можуть бути використані в якості адреси початку/зупинки). Мінімальний крок в напрямку Y становить один рядок (можлива адресація будь-якого рядка) в звичайному режимі і два рядки в режимі вибірки зі зменшеним дозволом. Розмір вікна в напрямку X

завантажується в регістр NB_OF_PIX, розмір вікна в напрямку Y визначається регістром FT_TIMER [23].

Таблиця 3.2 – Характерні значення для частоти кадрів при GRAN = 10

Розмір вікна (XxY)	Частота кадрів, кадрів/с	Час зчитування кадру, мкс	Коментар
640x480	247,5	4038	–
640x240	488,3	2048	Вибірка зі зменшеною роздільною здатністю
256x256	1076	929	Робота з вікном
256x80	3380	296	Робота з вікном
80x80	8347	120	Робота з вікном
40x40	22830	44	Робота з вікном
1x8	120480	8	Робота з вікном

3.4 Обрахування частоти кадрів для різних розмірів вікна

За формулою (3.1) розрахуємо значення частоти кадрів для різних розмірів вікна, а саме: 640x480, 320x240, 160x120, 80x60, 40x30. Кожне наступне значення розмірів вікна у два рази менше, ніж попереднє. Частота кадрів визначена для різних значень регістру деталізації (GRAN). Як еталонне взято значення GRAN = 10. Для порівняння обрано значення GRAN = 11 та GRAN = 01. Для визначення часу рядкової затримки (ЧРЗ) та часу кадрової затримки (ЧКЗ), а також періоду синхроімпульсів використано дані табл. 3.2.

У таблицях 3.3 – 3.5 обраховані значення частоти кадрів для різних розмірів вікна з урахуванням значення регістру деталізації.

Таблиця 3.3 – Характерні значення для частоти кадрів при GRAN = 11

Розмір вікна (XxY)	Коефіцієнт зменшення вікна	Частота кадрів (кадрів/с)
640x480	1	241,4
320x240	2	893,0
160x120	4	3 058,1
80x60	8	9 009,0
40x30	16	20 833,3

Таблиця 3.4 – Характерні значення для частоти кадрів при GRAN = 10

Розмір вікна (XxY)	Коефіцієнт зменшення вікна	Частота кадрів (кадрів/с)
640x480	1	247,6
320x240	2	940,0
160x120	4	3 380,7
80x60	8	10 893,2
40x30	16	28 735,6

Таблиця 3.5 – Характерні значення для частоти кадрів при GRAN = 01

Розмір вікна (XxY)	Коефіцієнт зменшення вікна	Частота кадрів (кадрів/с)
640x480	1	250,7
320x240	2	965,0
160x120	4	3 568,9
80x60	8	12 165,0
40x30	16	35 461,0

На рис. 3.2 зображено графік залежності частоти кадрів від коефіцієнту зменшення вікна за різних значень регістру деталізації.

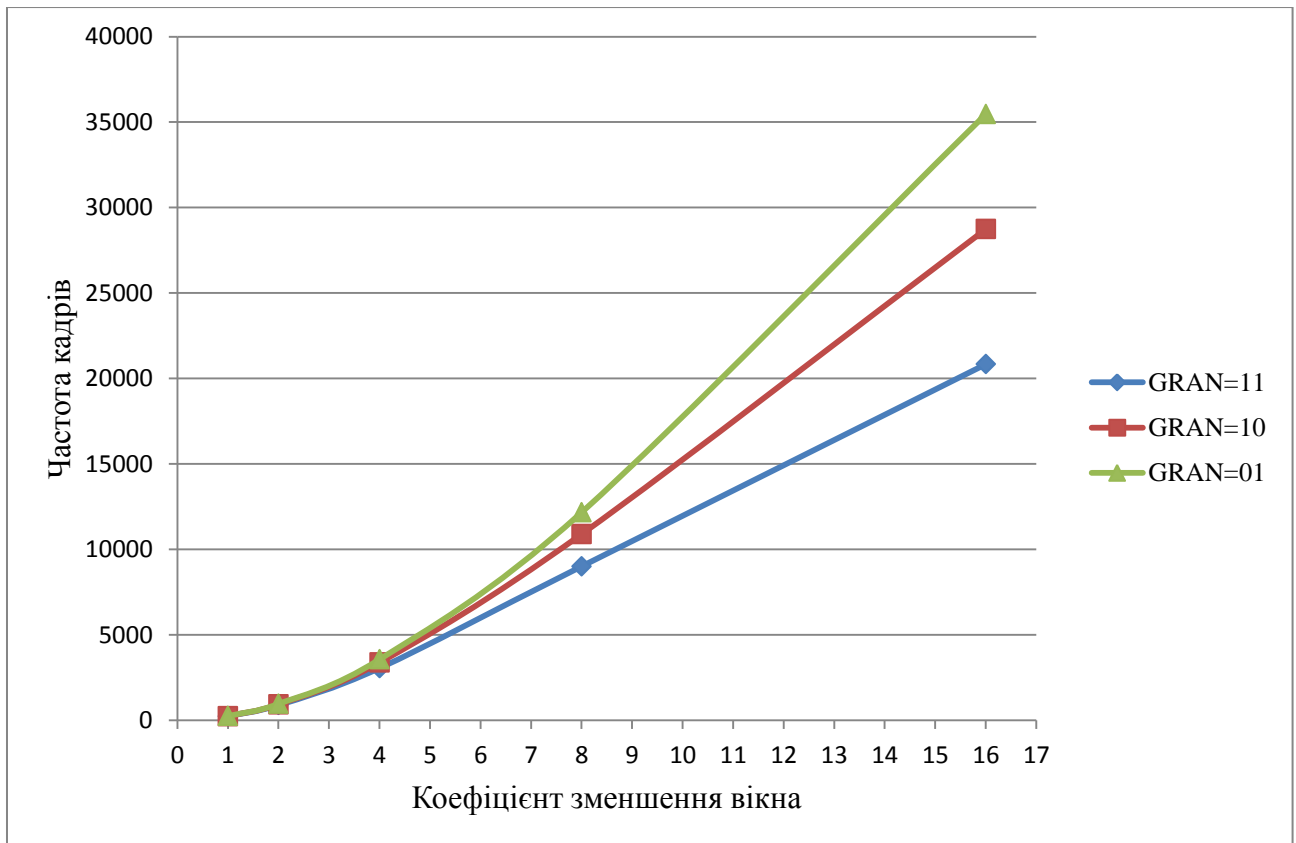


Рисунок 3.2 – Графік залежності частоти кадрів від коефіцієнту зменшення вікна за різних значень реєстру деталізації (GRAN)

Аналізуючи графік, отриманий на основі обрахованих значень частоти кадрів, можна зробити висновок, що при зменшенні розміру вікна зростає частота кадрів відео. Тому, якщо важливо мати високу частоту кадрів, необхідно максимально зменшити розмір вікна. Та, відповідно, якщо основною метою є досягнення максимального розміру вікна, тобто роздільної здатності зображення, доведеться знизити частоту кадрів.

У результаті проведених підрахунків можна побачити, що значення частоти кадрів змінюється в залежності від режиму роботи реєстру деталізації: при збільшенні параметру GRAN (в режимі уповільненого зчитування) зменшується частота кадрів, і навпаки, в режимі прискореного зчитування зростає частота кадрів.

3.5 Аналого-цифровий перетворювач

У відеосенсорі є чотири вбудованих конвеєрних 10-бітних АЦП. Ці АЦП працюють при номінальній частоті вибірки 20 МГц. Вхідний діапазон АЦП – від 0,75 В до 1,75 В. Вибірка аналогового вхідного сигналу проводиться через 2,1 нс після наростаючого фронту керуючого стробу АЦП. Цифрові дані на виході з'являються через 5,5 періодів синхроімпульсу. Це відповідає 6-му спадаючому фронту після моменту вибірки. Дані затримуються на 3,7 нс щодо цього спадаючого фронту. У табл. 3.6 наведено параметри АЦП [23].

Таблиця 3.6 – Параметри АЦП

Параметр	Значення
Швидкість обробки даних	$20 \cdot 10^6$ вибірок/сек
Діапазон вхідних напруг	0,75 В – 1,75 В
Роздільна здатність оцифровки	10 біт
Диференційна нелінійність	Тип. < 0,3 значення найменшого розряду
Інтегральна нелінійність	Тип. < 0,7 значення найменшого розряду

3.6 Підсилювачі з програмованим коефіцієнтом передавання

Підсилювачі з програмованим коефіцієнтом передавання виконують дві функції:

- додавання зміщення до сигналу для вписування його у вхідний динамічний діапазон АЦП. Ця функція контролюється установками V_{black} і V_{offset} інтерфейсу SPI;
- посилення сигналу після додавання зсуву.

Регулювання зміщення. Метою регулювання зміщення є зміщення сигналу таким чином, щоб він потрапив у вхідний динамічний діапазон АЦП. Після підсилювача стовпчика, сигнал від пікселя потрапляє в діапазон від 0,1 В

(яскравий піксель) до 1,3 В (чорний піксель). Вхідний динамічний діапазон АЦП – від 0,75 до 1,75 В. Величина зміщення управляється двома регістрами SPI: $V_{black} <7:0>$ і $V_{offset} <7:0>$.

Формула додавання зсуву:

$$V_{вих} = V_{сигн} + (V_{offset} - V_{black})$$

Слід знати, що шум фіксованого розподілу (ШФР, FPN) відеосенсора викликає розмиття сигналу приблизно на 100 мВ на рівні чорного. Щоб уможливити корекцію ШФР при подальшій обробці зображення, це розмиття рівня чорного повинно потрапляти у вхідний динамічний діапазон АЦП. З цієї причини значення регістрів SPI за замовчуванням запрограмовані так, щоб забезпечити зміщення 200 мВ. При цьому рівень чорного зміщується з 1,3 В до 1,5 В і інформація про ШФР все ще перетворюється АЦП. Для ще кращого потрапляння у вхідний діапазон АЦП користувачеві рекомендується запрограмувати зміщення в 340 мВ [23]. Щоб запрограмувати це зміщення, слід використовувати регістри V_{offset} і V_{black} . Припустимо, сенсор має рівень чорного 1,45 В і розмах 100 мВ. За такого розмаху цей сигнал вписується у вхідний діапазон АЦП, але більша частина вхідного діапазону АЦП при цьому не використовується. З цієї причини в якості першого кроку до сигналу додається зсув, компенсаційна рівень чорного з кордоном вхідного діапазону АЦП. У цьому першому кроці додається зсув 200 мВ – значення, що виходить при величинах за замовчуванням в регістрах V_{black} і V_{offset} . Це означає, що розмиття рівня чорного повністю потрапляє у вхідний діапазон АЦП.

Висновки до розділу

1. Досліджено фактори, які впливають на час зчитування кадру у відеосенсорі, що впливає на здатність камери забезпечувати відеозйомку з високою частотою кадрів. Встановлено, що на цю здатність впливає значення

регістру деталізації (GRAN). Змінюючи параметр GRAN, змінюється час рядкової затримки (ЧРЗ) та час кадрової затримки (ЧКЗ), які впливають на час зчитування кадру. Тому для реєстрації швидкоплинних процесів рекомендовано застосовувати відеосенсор, який містить такий регістр, наприклад, LUPA-300.

2. Після проведених обрахунків значення частоти кадрів для різних розмірів вікна виявлено, що при зменшенні розміру вікна зростає частота кадрів відео. Тому, якщо важливо мати високу частоту кадрів, необхідно максимально зменшити розмір вікна. Та, відповідно, якщо основною метою є досягнення максимального розміру вікна, тобто роздільної здатності зображення, доведеться знизити частоту кадрів.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ УПОВІЛЬНЕНОГО ВІДЕО

4.1 Дослідженні якості сповільнених відео з різною кількістю кадрів на секунду

Дослідження проведено за допомогою метода неперервної шкали якості з подвійним подразненням DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale). Для виконання поставленого завдання сформовано групу з 10 експертів. Під час тестування забезпечені умови, які б не відволікали експертів від проведення оцінювання [22]. Попередньо проведені всі необхідні налаштування моніторів для проведення тестів. Перед початком роботи всі експерти проінформовані про спосіб проходження тестування, ознайомлені зі шкалою оцінювання якості відео.

Паралельно проведено експеримент з двома еталонними відео, які були сповільнені на певний заданий відсоток.

1. Як перше еталонне відео було використано відеопослідовність тривалістю 10 с, яка сповільнена на 150%, 200%, 300%, 400%.

Досліджувана відеопослідовність має такі параметри:

- роздільна здатність 1280x720 пікселів;
- частота кадрів 30 кадрів/с;

2. Як друге еталонне відео було використано відеопослідовність тривалістю 10 с, яка сповільнена на 150%, 200%, 300%, 400%.

Досліджувана відеопослідовність має такі параметри:

- роздільна здатність 1280x720 пікселів;
- частота кадрів 120 кадрів/с;

Для сповільнення досліджуваних відеопослідовностей використане програмне забезпечення Adobe After Effects.

Ідея суб'єктивного тестування полягає в тому, що набір тестових відеопослідовностей демонструється групі експертів, які виставляють оцінки,

грунтуючись на своїх враженнях від якості. У даному випадку експерти оцінюють присутність «стрибків» кадрів у відео, що може виникати після його сповільнення. Існує багато методів демонстрації послідовностей та збору оцінок. Обрано метод оцінювання DSCQS, який дозволяє показувати відео парами, але тільки одну з них бачить експерт. Кожну пару показують задану кількість разів. Одна з відеопослідовностей – еталонна, але експерта про це не інформують. Після перегляду експерт повинен оцінити обидві відео послідовності. Оцінка проводилася за 5-бальною шкалою.

Порядок проведення тестування:

1. Демонструється пара відеопослідовностей, одне з відео еталонне, але експерт не проінформований про це.

2. Так як досліджується відеопослідовність з чотирма різними ступенями сповільнення, експерт переглядає чотири пари відео послідовностей.

3. Після перегляду кожної пари відеопослідовностей експерт повинен поставити свою оцінку від 1 до 5 (оцінка 1 відповідає спотворенням, що дратують, а оцінку 5 отримує відео, у якому спотворення непомітні). При цьому, відеопослідовності експерт переглядає у довільному порядку, не знаючи відео з яким коефіцієнтом сповільнення він оцінює в даний момент.

У табл. 4.1 наведено оцінки експертів, отримані суб'єктивним методом DSCQS (метод неперервної шкали якості з подвійним подразненням) для відео, що має 30 кадрів/с.

Таблиця 4.1 – Оцінки експертів для відео, що має 30 кадрів/с

Коефіцієнт сповільнення, %	100 (оригінал)	150	200	300	400
1 експерт	5	5	4	3	2
2 експерт	5	5	4	3	2
3 експерт	5	4	4	3	2
4 експерт	5	4	4	3	1
5 експерт	5	4	3	3	1

Продовження таблиці 4.1

6 експерт	5	4	5	4	3
7 експерт	5	5	4	3	2
8 експерт	5	5	4	3	3
9 експерт	5	4	4	2	2
10 експерт	5	5	4	3	2

У табл. 4.2 наведено оцінки експертів, отримані суб'єктивним методом DSIS (метод шкали погіршення з подвійним подразненням) для відео, що має 120 кадрів/с.

Таблиця 4.2 – Оцінки експертів для відео, що має 120 кадрів/с

Коефіцієнт сповільнення, %	100 (оригінал)	150	200	300	400
1 експерт	5	5	5	5	5
2 експерт	5	5	5	5	4
3 експерт	5	5	4	4	4
4 експерт	5	5	5	5	4
5 експерт	5	5	5	5	5
6 експерт	5	5	5	5	5
7 експерт	5	5	4	4	4
8 експерт	5	5	5	5	5
9 експерт	5	5	5	5	5
10 експерт	5	5	5	4	4

4.2 Обробка та аналіз отриманих результатів

Для аналізу отриманих результатів необхідно усереднити отримані значення.

Середня суб'єктивна оцінка послідовності називається MOS (Mean

Opinion Score). Ця оцінка для кожного сповільнення отримана шляхом усереднення поставлених кожним експертом балів [24]. Оригінальна оцінка лежить в інтервалі від 1 до 5. Результати експерименту наведені в табл. 4.3 – 4.4.

Таблиця 4.3 – Середні експертні оцінки для відео, що має 30 кадрів/с

Сповільнення, %	100	150	200	300	400
Оцінка MOS	5,0	4,5	4,0	3,0	2,0
Суб'єктивна оцінка якості	Чудова	Дуже хороша	Хороша	Задовільна	Погана

Таблиця 4.4 – Середні експертні оцінки для відео, що має 120 кадрів/с

Сповільнення, %	100	150	200	300	400
Оцінка MOS	5	5	4,8	4,7	4,5
Суб'єктивна оцінка якості	Чудова	Чудова	Дуже хороша	Дуже хороша	Дуже хороша

Аналізуючи результати експерименту, можна зробити висновок, що середні суб'єктивні оцінки якості погіршуються зі збільшенням коефіцієнту сповільнення відео.

Значні погіршення оцінок мають лише відео для яких еталонним є відеоматеріал, що має 30 кадрів/с. Тоді як сповільнені відео, отримані з ролика, що має 120 кадрів/с мають високі оцінки навіть за максимального сповільнення. Це пов'язано з тим, що, встановлюючи коефіцієнт сповільнення на рівні 400% для відео з 120 кадрів/с, отримуємо сповільнену відеопослідовність, що має 30 кадрів/с – абсолютно комфортну частоту кадрів, за якої немає ефекту «стрибків» зображення. Тоді як, поставивши коефіцієнт сповільнення на рівні 400% для еталонного відео з 30 кадрами/с, отримуємо відео, що має всього 7,5 кадрів/с, що призводить до значного спотворення та неможливості комфортного перегляду отриманого відеоматеріалу.

На рис. 4.1 зображено графік залежності оцінки MOS від коефіцієнту

сповільнення відео.

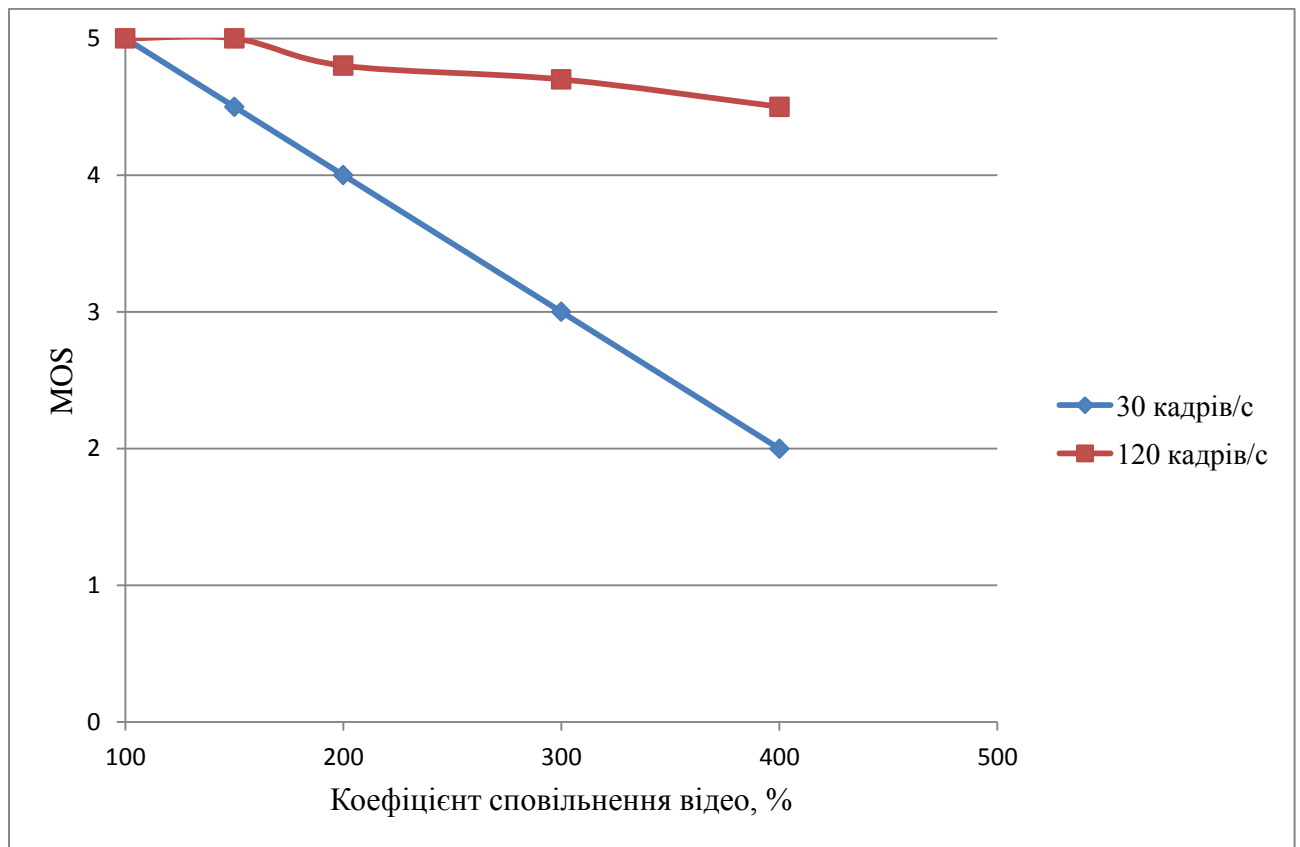


Рисунок 4.1 – Графік залежності оцінки MOS від коефіцієнту сповільнення відео

Аналізуючи графік, помітно, що зі збільшенням коефіцієнту сповільнення майже не змінюються оцінки відеоматеріалів, отриманих з еталонного відео, що має 120 кадрів/с: суб'єктивна якість не нижча показника «дуже добре». У той же час відео, отримані з відеопослідовності, що має 30 кадрів/с, отримали значно нижчі оцінки експертів, які стрімко погіршувались зі збільшенням коефіцієнту сповільнення.

Таким чином, для того, щоб комфортно переглядати сповільнені відео в 2 – 4 рази, необхідно щоб оригінал був відзнятий з частотою кадрів не менше, ніж 120 кадрів/с.

Висновки до розділу

1. Досліджено якість відтворення відео за різних значень коефіцієнту сповільнення відеопотоку, використовуючи метод неперервної шкали якості з подвійним подразненням DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale). Для дослідження використано відеопослідовності з роздільною здатністю 1280x720 пікселів, сповільнені на 150%, 200%, 300%, 400%, та виставлено їм суб'єктивні оцінки якості (а саме, за ступенем плавності руху у відео).
2. За результатами експерименту визначено середні суб'єктивні оцінки якості MOS, які погіршуються зі зростанням коефіцієнту сповільнення відео.
3. Встановлено, що для того, щоб переглядати сповільнені в 2 – 4 рази відео комфортно, необхідно, щоб оригінал був відзнятий з частотою кадрів не менше, ніж 120 кадрів/с.

5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

В межах даного розділу проаналізовано наступні аспекти стартап-проекту:

- зміст ідеї (що пропонується);
- можливий напрямок застосування;
- основні вигоди, що може отримати користувач товару;
- відмінність від існуючих аналогів та замінників [25].

5.1 Опис ідеї проекту

У табл. 5.1 наведено зміст ідеї стартап-проекту, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів напрямки, де може бути реалізовано проект та вигоди для користувача.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямок застосування	Вигоди для користувача
Швидкісна відеокамера з використанням регістру деталізації	Швидкісна відеозйомка	Фіксування швидкоплинних процесів
		Зміна часу рядкової затримки (ЧРЗ) та часу кадрової затримки (ЧКЗ), які впливають на час зчитування кадру
		Зміна частоти кадрів

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї (відмінність від

існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів передбачає:

- визначення переліку техніко-економічних властивостей та характеристик;
- визначення попереднього кола конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначаються показники, що мають: а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів			W	N	S
		Мій проект	Товар-аналог 1	Товар-аналог 2			
1.	Економічні	3000 у.о.	6000 у.о.	10000 у.о.			+
2.	Призначення	Швидкісна відеозйомка	Швидкісна відеозйомка	Швидкісна відеозйомка		+	
3.	Надійності	Довговічність	Довговічність	Довговічність		+	
4.	Технологічні	Можливість зміни ЧКЗ і ЧРЗ	Неможливість зміни ЧКЗ і ЧРЗ	Неможливість зміни ЧКЗ і ЧРЗ			+
5.	Ергономічні	Система зручна в користуванні та налаштуванні	Система зручна в користуванні та налаштуванні	Система зручна в користуванні та налаштуванні		+	

Продовження таблиці 5.2

6.	Екологічні	Не перевищує встановлену допустиму потужність	Не перевищує встановлену допустиму потужність	Не перевищує встановлену допустиму потужність		+	
7.	Безпеки	Безпечно	Безпечно	Безпечно		+	

Визначено перелік слабких, сильних та нейтральних сторін та властивостей ідеї потенційного товару, можна зробити висновок, про те, що отримані порівняння можуть бути підґрунтям для формування конкурентоспроможності.

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару). Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (табл. 5.3):

- технологія, за якою буде виготовлено товар згідно ідеї проекту;
- аналіз наявності такої технологій;
- доступність технологій автору проекту.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технології	Доступність технологій
1.	Швидкісна відеозйомка	Швидкісна відео зйомка з використанням реєстру деталізації	Наявна	Доступно
2.	Сповільнення відзнятого відео	Програмне забезпечення Adobe Premiere Pro CC	Наявна	Доступно

Продовження таблиці 5.3

3.	Обробка та збереження відео	Програмне забезпечення Adobe Premiere Pro CC	Наявна	Доступно
Обрана технологія для аналізу та дослідження ідеї проекту: Програмне середовище Adobe Premiere Pro CC				

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	3
2.	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	3000
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4.	Наявність обмежень для входу	Немає
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6.	Середня норма рентабельності в галузі або ринку, %	250

За результатами попереднього оцінювання ринок є привабливим для входження. Потенційні групи клієнтів, їх характеристики, орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи наведено в табл. 5.5.

Проведено аналіз ринкового середовища: складені таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Висока частота кадрів за високої роздільної здатності	Науковці, кінематограф	Відмінності у поведінці різних цільових груп немає	Система має бути надійною.

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Нестача ресурсів	Для створення продукту необхідне технічне забезпечення	Укладання договорів з державними структурами для фінансування та надання можливостей для тестування продукту
2.	Фінансова нестабільність	Потреба в коштах для забезпечення потрібним обладнанням	Пошук інвесторів

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Попит	Існування постійного попиту на зростання швидкості передавання даних означає, що більшість клієнтів зацікавлені у введенні інновацій.	Рекламна продукту в Інтернеті та на телебаченні.
2.	Науково-технічний розвиток	Розвиток технологій дає можливість ефективно вирішити поставлені задачі	Ознайомлення з новітніми патентами та стартапами у відповідній галузі, а також відвідування наукових конференцій

Надалі проведено аналіз пропозиції: визначені загальні риси конкуренції на ринку (табл. 5.8).

Після аналізу конкуренції проведений більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (за М. Портером) (табл. 5.9).

Сильні позиції компанії за кожним з факторів М. Портера означають її можливості забезпечити необхідні темпи обороту капіталу та її здатність впливати на інших агентів ринку, диктуючи їм власні умови співпраці. Характеристики факторів моделі відрізняються для різних галузей та змінюються із часом.

На основі аналізу конкуренції, наведеного в табл. 5.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 5.2), вимог споживачів до товару (табл. 5.5) та факторів маркетингового середовища (табл. 5.6-5.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз наведено в табл. 5.10.

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства(можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Конкуренція	Використання вже існуючих методів і технологій конкурентів	Підвищення якості товару за рахунок використання сучасних технологій та залучення кваліфікованого персоналу
2. Локальний	Відсутність одного постачальника послуг	Індивідуальний підхід до кожної ділянки
3. Міжгалузева	Відсутня	Відсутня
4. Товарно-видова	Конкуренція між товарами одного виду	Покращувати рівень якості товару
5. Цінова	Продаж продукції за нижчими цінами, ніж конкуренти	Продавати продукт за нижчою ціною
6. Марочна	Високе значення медійних послуг	Реклама товару в медіа

Таблиця 5.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Складові аналізу	Висновки
Прямі конкуренти	Виробники швидкісних відеокамер	Інтенсивність конкурентної боротьби середня
Потенційні конкуренти	Немає	Немає
Постачальники	Залучення бюджетних поставників	Постачальники не висувають свої умови роботи на ринку
Клієнти	Вимоги до якості (висока частота кадрів)	Клієнт визначає вимоги до якості товарів

Таблиця 5.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (чинники, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Надання сервісних послуг	Продукт має сервісну підтримку
2.	Наявність кваліфікованих кадрів в команді	Науковці з досвідом роботи у сфері кінематографу та електроніки
3.	Економічний	Ціна товару має бути обґрунтовано помірною

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 5.10) проведено аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 5.11).

Таблиця 5.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Раціональний помірний ціновий показник	18					+		
2.	Надання сервісних послуг	16						+	
3.	Залучення висококваліфікованих кадрів	12				+			
4.	Діагностика систем	9					+		

На фінальному етапі ринкового аналізу можливостей впровадження проекту виконано SWOT-аналіз (матриця аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 5.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, сильних і слабких сторін (табл. 5.11).

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складено на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

На основі SWOT-аналізу розроблено альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 5.13).

Таблиця 5.12 – SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	<ol style="list-style-type: none"> 1. Економічна (ціна товару є помірною). 2. Відсутність конкуренції на національному ринку. 3. Ступінь задоволення потреб користувача. 4. Якість розробки з точки зору показників надійності.
Слабкі сторони	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нестача наукових та технічних кадрів. 2. Візькоспеціалізована орієнтація товарів 3. Нестійка позиція на ринку.
Можливості	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зниження витрат на виробництво продукції. 2. Реклама продукції. 3. Залучення висококваліфікованих робітників 4. Залучення нових клієнтів. 5. Застосування новітніх технологій
Загрози	<ol style="list-style-type: none"> 1. Несприятлива економічна ситуація в країні. 2. Товари-конкуренти

Таблиця 5.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Пошук наукових та технічних ресурсів, пошук інвесторів, створення реклами.	висока	2 роки
2.	Дослідження поведінки споживачів, пошук обладнання, створення сучасного програмного забезпечення, тестування.	середня	4 роки

Із зазначених альтернатив обрано альтернативу № 1, так як для неї отримання ресурсів є більш ймовірним, а строки реалізації – більш стислими.

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів, що наведено в табл. 5.14.

Таблиця 5.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Держустанови	Готові	Середній	Низька	Середня
2.	Приватні підприємства	Готові	Високий	Низька	Середня
Які цільові групи обрано: обрано групу №2.					

Для роботи в обраних сегментах ринку сформовано базову стратегію розвитку (табл. 5.15). Вибір стратегії конкурентної поведінки наведено в табл. 5.16.

Таблиця 5.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Задоволенні потреб обраного цільового сегменту	Формування попиту у користувачів за рахунок можливості контролю кількості кадрів і кадрової частоти	Стратегія спеціалізації

Таблиця 5.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект "першо прохідцем" на національному ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Ні	Так	Ні	Стратегія лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (табл. 5.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 5.15) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16) розроблено стратегію позиціонування, наведену в табл. 5.17.

Таблиця 5.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Товар має забезпечувати задану кількість кадрів відеозйомки	Спеціалізація	Високий ступінь задоволення потреб користувача, помірна, обґрунтована ціна	Логічне співвідношення ціна/якість, наукоємність.

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 5.18 наведені результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Точність задання показника реєстру деталізації	Отримання різної частоти кадрів за різної роздільної здатності	Надійність
2.	Дешевизна	Помірні ціни, завдяки обґрунтованому використанню коштів	Дешевизна

Розроблено трирівневу маркетингову модель товару: уточнена ідея продукту (та/або послуги), його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 5.19).

Таблиця 5.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Швидкісна відеокамера з використанням реєстру деталізації

II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/ Е/Ор
	1. Забезпечення високої точності розпізнавання.	М	
	2. Помірна ціна.	М	
	3. Отримання різної частоти кадрів за різної роздільної здатності.	М	
	Якість: стабільна робота, дешевизна.		
	Марка: Відеовиробництво		
III. Товар із підкріпленням	До продажу – обладнання.		
	Після продажу – встановлення, налаштування, обслуговування, підтримка.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист інтелектуальної власності.			

Наступним кроком визначено цінові межі, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 5.20). Аналіз проведено експертним методом.

Таблиця 5.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	8000 у.о.	10000 у.о.	40000 у.о. і вище	3000 – 12000 у.о.

Наступним кроком визначено оптимальну системи збуту, в межах якої приймається рішення (табл. 5.21):

- збут власними силами або із залученням сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 5.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Заказ послуги на сайті або безпосередньо у розробників	Встановлення, налаштування, обслуговування обладнання	Канал нульового рівня	Виробник безпосередньо пропонує продукцію покупцям, що знижує вартість товару

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 5.22).

Маркетингова комунікація охоплює будь-яку діяльність підприємства, спрямовану на інформування, переконання, нагадування споживачам та ринку в цілому про свої товари і свою діяльність.

Таблиця 5.22 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Використання швидкісної відео зйомки у комерційних цілях	Прямі канали комунікації, у яких інформація про товар передається безпосередньо від інформатора до особи, що отримує інформацію	Задання показника реєстру деталізації	Поширення інформації про нову систему в медіасистемах	Особлива увага приділяється залежності частоти кадрів і значенню реєстру деталізації

Висновки

1. За результатами оцінювання ринок є привабливим для входження: спостерігається попит на використання відеознімальної техніки, а саме такої, що дає можливість знімати швидкісні відео. Можливість ринкової комерціалізації проекту присутня.

2. Продукт не є унікальним в своїй галузі, але він має мало конкурентів на національному ринку. Для подальшого розвитку, розробки, дослідження та тестування товару необхідно залучати висококваліфікованих інженерів і науковців.

ВИСНОВКИ

1. Досліджено такі різновиди швидкісної відеозйомки: прискорену, швидкісну та високошвидкісну зйомки. Швидкісну відеозйомку використовують для досягнення ефекту сповільнення рухів, зйомки масштабних спецефектів і рекламних роликів, а також у різних галузях науки, техніки та у вирішенні науково-дослідницьких завдань.

2. У відеозйомці застосовують 2 види матриць: CCD (ПЗЗ) та CMOS (КМОП). CCD-матриці використовують у пристроях для формування якісного кольорового зображення, а також для зйомок динамічних сцен (у більшості випадків, це професійні відеокамери), тоді як CMOS-матриці застосовують там, де немає особливо високих вимог до якості картинки (у камерах відеоспостереження, датчиках руху, деяких смартфонах та фотоапаратах середнього та початкового рівня).

3. Досліджено програмні засоби для сповільнення відеоматеріалів. Для цього придатні як різноманітні професійні програми для монтажу і відеоефектів (наприклад, Adobe After Effects, Adobe Premiere Pro, Sony Vegas), так і більшість простих відеоредакторів (Windows Movie Maker, GoPro Studio). Найбільш зручним програмним забезпеченням є програми від компанії Adobe, які дозволяють легко виконати процес сповільнення та забезпечити якісне стиснення відеоданих для подальшої роботи з відео.

4. Для оцінювання якості сповільнених відео застосовують суб'єктивні методи, які дозволяють визначити масштаби спотворень, оцінивши їх за певною обраною шкалою оцінок. До суб'єктивних методів оцінювання відео відносять метод неперервної шкали якості з подвійним подразненням DSCQS, метод шкали погіршення з подвійним подразненням DSIS, методи категорійного судження, методи, засновані на неперервному оцінюванні з одним або з одночасним подвійним подразненням. Разом з такими перевагами, як простота, доступність реалізації, є недоліки методу оцінювання: через одноманітність, повторюваність, рутинність роботи може проявлятися

неуважність експерта, тому є ймовірність неточності та необ'єктивності оцінки відео. Для оцінювання якості сповільнених відео підходять методи DSCQS і DSIS, які дозволяють попарно порівнювати відеоматеріали.

5. Досліджено фактори, які впливають на час зчитування кадру у відеосенсорі, що впливає на здатність камери забезпечувати відеозйомку з високою частотою кадрів. Встановлено, що на цю здатність впливає значення регістру деталізації (GRAN). Змінюючи параметр GRAN, змінюється час рядкової затримки (ЧРЗ) та час кадрової затримки (ЧКЗ), які впливають на час зчитування кадру. Тому для реєстрації швидкоплинних процесів рекомендовано застосовувати відеосенсор, який містить такий регістр, наприклад, LUPA-300.

6. Після проведених обрахунків значення частоти кадрів для різних розмірів вікна виявлено, що при зменшенні розміру вікна зростає частота кадрів відео. Тому, якщо важливо мати високу частоту кадрів, необхідно максимально зменшити розмір вікна. Та, відповідно, якщо основною метою є досягнення максимального розміру вікна, тобто роздільної здатності зображення, доведеться знизити частоту кадрів.

7. Досліджено якість відтворення відео за різних значень коефіцієнту сповільнення відеопотоку, використовуючи метод неперервної шкали якості з подвійним подразненням DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale). Для дослідження використано відеопослідовності з роздільною здатністю 1280x720 пікселів, сповільнені на 150%, 200%, 300%, 400%, та виставлено їм суб'єктивні оцінки якості (а саме, за ступенем плавності руху у відео).

8. За результатами експерименту визначено середні суб'єктивні оцінки якості MOS, які погіршуються зі зростанням коефіцієнту сповільнення відео. Встановлено, що для того, щоб переглядати сповільнені в 2 – 4 рази відео комфортно, необхідно, щоб оригінал був відзнятий з частотою кадрів не менше, ніж 120 кадрів/с.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Н. А. Тимофеев. Использование высокоскоростных цифровых камер для исследования физических систем. URL: <https://web.archive.org/web/20150619010508/http://ckp.lab2.phys.spbu.ru/pdf/new/13.pdf#>.
2. Новые возможности скоростной съемки развивают в Петербурге. URL: <http://technopark.ifmo.ru/vzhuh-i-video-snyato-novye-vozmozhnosti-skorostnoj-semki-razvivayut-v-peterburge/>.
3. Техника расщепления времени: высокоскоростные камеры. URL: <https://www.popmech.ru/technologies/8562-tekhnika-rasshchepleniya-vremeni-vysokoskorostnye-fotokamery/#part0>.
4. Скоростная матрица LUPA-300. URL: <https://www.fastvideo.ru/info/sensor/cypress/lupa300.htm>
5. Оценка качества видео. Субъективная оценка качества видео. URL: <https://www.ixbt.com/divideo/estimate1.shtml>.
6. Б. Н. Коноплёв. Основы фильмопроизводства / 2-е изд.. — М.: «Искусство», 1975. — 448 с.
7. Е. А. Иофис. Фотокинотехника / М.: «Советская энциклопедия», 1981. — 447 с.
8. П.О. Бірюкова. Особливості застосування високошвидкісної відеозйомки / П.В. Попович, П.О. Бірюкова // Матеріали конференції «Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі». — К., 2018, -С. 9.
9. Е. М. Голдовский. Основы кинотехники / М.: «Искусство», 1965. — 636 с.
10. Скоростная камера Fastvideo-4000 стандарта PCI-Express. URL: <https://www.fastvideo.ru/products/camera/fv-4000.htm>.
11. Уповільнена кінозйомка. URL: [https://howlingpixel.com /i-uk/Уповільнена_кінозйомка](https://howlingpixel.com/i-uk/Уповільнена_кінозйомка).

12. Покадровая съёмка, Цейтраферная киносъёмка. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1187075>.
13. Сравнение матриц в видеокамерах и фотоаппаратах (CMOS, CCD). URL: <https://tehnika-soveti.ru/sravnenie-matrits-v-videokamerah-cmos-ccd/>.
14. Типы и размеры матриц камер видеонаблюдения. URL: <https://hikvision.org.ua/ru/articles/typy-i-razmery-matric-kamer-videonablyudeniya>.
15. CMOS (КМОП) матрицы - что это? URL: <http://telecomsb.ru/statii/cmos-kmop-matritsy-chto-eto.html>.
16. Adobe Premiere Pro. URL: <http://uahq.net/soft/94992-adobe-premiere-pro-cs6-600-update-602-x64-multi-2012.html>.
17. Adobe After Effects CC. URL: <https://itpro.ua/product/adobe-after-effects-cc/?tab=description>.
18. Sony Vegas Pro 15. URL: <https://itpro.ua/product/vegas-pro-14-0/?tab=description>.
19. Бесплатные программы для работы с GoPRO видео. URL: <https://blog.wazza.com.ua/lifehacks/besplatnye-programmy-dlya-raboty-s-gopro-video/>.
20. Программное обеспечение Fastvideo Lab для скоростной видеосъёмки. URL: <https://www.fastvideo.ru/products/software/software.htm>.
21. ITU-R Recommendation BT.500-13. Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures (09/09). URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-RECBT.500-12-200909-S!!PDF-E.pdf
22. Попович П. В. Удосконалення методів керування відеопотоком у системах цифрового телебачення за критерієм якості відео зображення. URL: http://rada.kpi.ua/files/dissertation/dis_Popovych_P.V.pdf.
23. Скоростная матрица LUPA-300. URL: <https://www.fastvideo.ru/info/sensor/cypress/lupa300.htm>.
24. Что такое MOS (Mean Opinion Score). URL: <https://www.icepartners.ru/blog/20-stati/303-otsenka-kachestva-golosa-mos-i-r-factor.html>.

25. Розроблення стартап-проекту: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

ДОДАТОК А

Реферат англійською мовою на тему магістерської дисертації

ABSTRACT

High-speed photography is the science of taking pictures of very fast phenomena. In 1948, the Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE) defined high-speed photography as any set of photographs captured by a camera capable of 69 frames per second or greater, and of at least three consecutive frames. High-speed photography can be considered to be the opposite of time-lapse photography.

In common usage, high-speed photography may refer to either or both of the following meanings. The first is that the photograph itself may be taken in a way as to appear to freeze the motion, especially to reduce motion blur. The second is that a series of photographs may be taken at a high sampling frequency or frame rate. The first requires a sensor with good sensitivity and either a very good shuttering system or a very fast strobe light. The second requires some means of capturing successive frames, either with a mechanical device or by moving data off electronic sensors very quickly.

Other considerations for high-speed photographers are record length, reciprocity breakdown, and spatial resolution.

Here are some things to think about when doing non-flash high-speed photography:

- Keep in mind that adjusting one “leg” of the exposure triangle affects the other two. A shutter speed increase will require corresponding changes of either aperture, ISO, or both.
- A good method when you are new to action photography is to use Shutter Priority mode (S mode on Nikons, Tv on Canons). You can lock in what you think might be the correct shutter speed and the camera will adjust the aperture, (and/or ISO if you are in Auto ISO). You can then try various shutter speeds to determine what is about right, relying on the camera to adjust the exposure for you.
- Continuous shutter mode and AI Servo focus (AF-C on a Nikon) will help you catch a good shot. Anticipate the peak action, start a second before that, and blast away through the action.

- Keep an eye on what is happening to the aperture and ISO so you don't run into problems with depth-of-field or high ISO noise.
- Don't be afraid of using higher ISO settings however if needed get high shutter speed. Higher ISO numbers aren't to be feared nearly as much on the newer cameras. If it's a choice between a noisy image or a blurry one, noise reduction software can often fix the former. There is no fix for a blurry shot.

Another area to consider when evaluating a high-speed digital video system is record duration or record time. This is often confused with how the camera is triggered, which will be discussed later. The real question is: How long does the process last or how much (in seconds) of the event need be recorded? High-speed videos use on board digital random access memory (RAM) to save the images. There are ways to push the record duration such as reducing the speed or resolution, but in essence you have to determine how long you need to record. The latest systems also enable users to push the recording time by reducing the bit-depth of the pixels recorded (more on this topic later). Reducing the bit depth from 12 to 8 bits will produce a fifty percent increase in recording capacity.

If the event is occurring intermittently, then the question is “How long a record time do I need?” A more relevant question would be “How do I trigger the camera so that I capture video every time the problem occurs?” Digital high-speed cameras can remain in record mode almost indefinitely as they cycle the data through their memory buffer on a first-in/first-out (FIFO) basis. This is a vast improvement over older film cameras that took time to get up to speed (a digital camera is instantly locked to any crystal stabilized speed you select) and then could only maintain that speed for a few seconds before running out of film. When the digital buffer is full, the first image recorded is automatically overwritten. The system continues to overwrite data until it receives a trigger signal such as an optical or audio trigger, switch closure, or a digital TTL trigger such as an alarm or keyboard keystroke.

Depending upon how the system has been configured by the operator, it can save all the images recorded before the trigger signal was received, save everything after the signal came in, or a variable percentage of pre- or post-trigger images.

Advanced systems can automatically download some or all of the saved images to a networked hard drive before automatically rearming to await the next trigger signal.

Resolution, or more correctly spatial resolution, must be considered when seeking the ideal system for your specific needs. The best example of why resolution matters is detailed in this real-life scenario. One customer needed to be able to measure within 1/10 in. in an 8.5 ft field of view. Since $8.5 \times 12 = 102$, the camera would have 102 in. to cover. In order to measure to 1/10 in., it would require 10 times this number, or 1020 pixels.

Developments in motion tracking algorithms enable motion analysis software to track very accurately to about one-tenth of a pixel. However, it is still recommended that whenever possible, you have the full quota of pixels needed to discern what you are viewing. To achieve the desired framing rate (camera speed), you may be forced to sacrifice some of the resolution. The highest resolution that Photron's Fastcam SA-X can achieve is 12,500 fps at full mega pixel resolution (Figure 3). When selecting a camera, it is important to determine what the pixel resolution is at the speed you require, since all high-speed video cameras reduce the resolution to achieve higher speeds.

The other form of resolution to consider is called bit depth, sometimes referred to as dynamic range. Bit depth refers to how many shades of gray the sensor uses to transition from pure white to pure black. Older systems used 8 bits, which means they utilized 256 steps to transition from white to black. Systems now offer either 10 bits (1024 steps), 12 bits (4096), or even 14 bits (16,384) which are essential for certain advanced applications. For the most part, 8 to 12 bits are more than enough, especially given that Windows is an 8-bit operating system and many times the sensor only produces eight to 10 usable bits, the remainder are lost in noise. In order to fully appreciate those additional two to six bits, you would need to invest in specialized and expensive hardware and displays. The additional bits are useful in mega pixel systems such as the Fastcam SA5 and SA-X and high definition (HD) cameras like the SA2, SA6 and BC2 systems because they offer the ability to select which 8 of the 12 bits recorded you display. This can be a very effective means of

extracting the maximum detail from shadows or other underexposed areas, or providing an additional means of prolonging the record time.

All high-speed systems should be available in both monochrome and color. They all use the same basic monochrome sensor, but the color versions have a color filter attached, which does sacrifice some light sensitivity, even when microlenses are utilized to maximize the amount of photons falling on the light-gathering part of the sensors' pixel. Most systems adopt a color matrix known as a Bayer pattern to produce acceptable looking colors, from what is in reality a black-and-white sensor. This simulated color requires three bits to each of the monochrome pixels, which is why color sensors have three times the number of bits; 24 vs. 8 or 30 vs. 10, etc. If you do not have a critical need for color images, it is best to stick with monochrome systems, as they tend to be less expensive as well as more sensitive while providing comparable image quality.

The next consideration is the end use. While troubleshooting a gasket manufacturing line, an instant slow-motion review of the high-speed video recorded may be all that is needed. If it is necessary to save a portion of the image sequence for later review and/or analysis, you will need to determine some fundamental issues, such as how to get the images out of the camera's RAM and into the real world.

The key is to look at your PC and determine what communication protocols it supports. Or you may be able to use the camera's standard HD-SDI or RS-170 video outputs. Most PCs, including laptops, will include the means to connect to external devices via one or two Gigabit Ethernet ports. This should be the first choice unless you have more complex requirements, such as operating a camera located several miles away, which is often the case in military tests that involve explosives and/or projectiles.

It is best to stay away from protocols requiring specialized hardware unless your requirements demand them. It is also important to be able to download the images directly into a recognized and immediately usable format (AVI, JPEG, TIFF, etc.) onto a PC of your choice. Some systems require time-consuming post-mission

file conversion while others can quickly download to a modified controller, but then take forever to download into the real world.

What type of physical package does your application require? There is a wide variety of systems available, from inexpensive, low-resolution plastic units for almost disposable usage on the production line, to huge systems specifically built for long record times to cover a missile's launch or re-entry into the Earth's atmosphere. Some PCI systems use lower cost CCD or supersensitive megapixel CMOS sensors that are made for use in personal computers or laptops. More complex systems require housing that is engineered to operate reliably onboard crash vehicles or near missile impacts. All of these systems have strengths, weaknesses and differences that may influence your decision when considering your particular imaging requirements.

For systems that require use or control via a computer, it is essential to become familiar with the software that is supplied with the camera. The software should be easy to use and intuitive, without requiring a master's degree in computer science. Some manufacturers, including Photron, will supply their systems with a software developer's kit, LabVIEW, and MATLAB wrappers to enable advanced users to develop their own interface or integrate camera control into an existing interface.

As with any relatively new technology, there is a lot of seemingly conflicting information. The main question is: What works best for your needs? The answer is in finding a comfortable fit with your requirements and following this single, important rule: Require the systems manufacturer to demonstrate the camera with a real-life, real-time demonstration, within the actual environment in which the high-speed imaging system will be used. A live, in situ demo will bring out the best and the worst of the high-speed camera systems you review. With that, you'll have the information you need to make the best choice.